

Les communautés de moustiques dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence situés en Lorraine

Suivi 2022



Rapport d'étude

Janvier 2024

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport. Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

Crédits photographiques de la page de couverture :

- Photo bassin : Émilie BUSSON / Cerema
- Photo larve moustique : Pierre MAZUER / Cerema
- Photo moustique adulte : Wikimedia Commons

Rapport d'étude du Cerema

Les communautés de moustiques dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence situés en Lorraine (2022)

Mots clés : route, eaux pluviales, traitement, bassin routier, mare, moustique, biologie, biodiversité, macro-invertébrés, méthode.

Affaire suivie par

Pierre MAZUER - Département TMI – Groupe Biodiversité, aménagement et nature en ville (BANV)
Tél. : 03 87 20 46 34
Courriel : pierre.mazuer@cerema.fr
Site de Metz : Cerema Est – Bâtiment C, Île du Saulcy, CS 30855, 57045 Metz Cedex 1 - Tél : +33 (0)3 87 20 43 00

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
v1	10/01/24	Établi par Pierre MAZUER après relectures internes Cerema
v2	24/01/24	Après prise en compte des contributions des relecteurs

Origine de la commande et référence étude

CEREMA (Pôle assainissement routier) avec la participation de la DGITM. N° NOVA : 22-HF-0060.

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Pierre MAZUER (Cerema)	10/01/2024	
Avec la participation de	Émilie BUSSON (prélèvements et relecture), Sylvain COLLON (collecte de données pour le choix des sites, cartes, prélèvements) (Cerema tous les deux)	–	
Relecteurs	Alexandre SERVIER (Cerema) Jérôme EHRHARD (DIR-Est/CEI Lunéville) Émilie PRYGIEL (Cerema) Emmanuel INDRIGO (DIR-Est/CEI Pouilly) Eric GARDAIS (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires /DGITM/DMR)	17/01/24 17/01/24 17/01/24 19/01/24 22/01/24	
Contrôlé par	Luc CHRETIEN (Cerema)		
Validé par	Luc CHRETIEN (Cerema)		

Conditions de diffusion : libre. Ce document peut être reproduit en totalité ou en partie sans autorisation expresse, en citant la source de la manière suivante / This document may be reproduced in whole or in part without express permission, quoting the source as follows : « Cerema, 2024 - Les moustiques dans quatre bassins routiers et trois mares de référence situés en Lorraine (2022) - réalisé par Pierre MAZUER - Metz - 59 p »

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire CeremaDoc, via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

Public ciblé par ce rapport : il s'adresse aux personnes intéressées par la gestion, le traitement des eaux pluviales routières et leurs impacts potentiels (gestionnaires des réseaux routiers, services de contrôle des pollutions, gestionnaires des écosystèmes aquatiques ...), ainsi que par la biodiversité. Il demande un niveau scientifique de base, notamment sur la pollution des eaux et la biologie. Certaines abréviations et certains termes scientifiques sont définis dans le chapitre « Glossaire et abréviations ». Il est rappelé que les définitions de tous les termes d'un rapport scientifique sont facilement accessibles sur Internet.

Remerciements : nous remercions a) les propriétaires privés des trois mares, ainsi que les CEI de la Dir-Est de nous avoir permis de réaliser les prélèvements de faune macro-invertébrés, respectivement dans les mares et les bassins routiers ; b) la DIR-Est et les CEI pour les informations fournies sur les axes routiers et les systèmes de traitement c) les communes contactées et les chargés d'études de l'AERM pour les prises de contacts des différents organismes ; d) le CEN pour la couche géographique des mares de la région.

Photographies : les photographies fournies dans ce rapport, notamment celles de macro-invertébrés, sont des documents de travail, non retravaillés.

Résumé

Les bassins routiers sont des ouvrages de traitement des eaux de pluies routières. Ils peuvent être conçus, selon le guide technique SETRA-2007, pour avoir une hauteur d'eau permanente d'au moins 40 cm. Ce sont des ouvrages techniques qui doivent faire l'objet d'un entretien régulier. Ils ne sont pas considérés comme des ouvrages de compensation environnementale en cas de destruction de milieux naturels.

Cependant, la lame d'eau permanente dans ces ouvrages les rend susceptibles d'accueillir une faune et une flore inféodée aux milieux aquatiques. Ils sont considérés à ce titre comme des milieux aquatiques artificiels, assimilables à des mares. Se pose ainsi la question de la présence de moustiques dans ces bassins, qui peuvent être nuisibles pour les personnes vivant à proximité.

L'objectif du présent travail est d'évaluer l'importance des communautés de larves et nymphes de moustiques dans ce type de bassins routiers et leur ouvrage de sortie, ainsi que de comparer ces communautés avec celles de mares situées à proximité.

Les moustiques sont prélevés avec un premier protocole appelé 'tous macro-invertébrés' et un deuxième protocole spécifique 'moustiques'.

Le premier protocole est appliqué sur quatre bassins routiers et trois mares de référence. Dans les 129 échantillons élémentaires récoltés sur les 7 plans d'eau en avril et en juillet 2022, nous trouvons 120 254 individus et 259 taxons différents, répartis dans 72 familles, 123 genres et 149 espèces. Seulement 100 moustiques, appartenant à 5 espèces, sont identifiés grâce à ce protocole.

Le deuxième protocole concerne uniquement les 4 bassins routiers et les moustiques. Malgré 4 campagnes de prélèvements et un effort d'échantillonnage important, à peine 77 individus supplémentaires sont identifiés, de 4 espèces différentes.

La large majorité des moustiques trouvés dans la présente étude sont des larvules, dont les chances de devenir des adultes sont faibles.

Nos résultats montrent que ce type de bassin routier ne constitue pas un risque de prolifération de moustiques, dans notre zone d'étude (Moselle et Meurthe-et-Moselle). Les moustiques ne sont présents qu'en densités extrêmement faibles, sans aucune mesure avec les densités présentes dans d'autres milieux sur la même zone géographique (par exemple réservoirs d'eau ou zones d'expansion de crue mis en eau depuis peu de jours ...).

Le critère principal qui nous semble expliquer la faible abondance de moustiques est la prédation par les autres macro-invertébrés. Ces prédateurs sont favorisés par :

- la permanence de l'eau et une profondeur suffisante, ce qui est le cas des 4 bassins étudiés,

- les substrats de type hélrophytes, hydrophytes, chevelus racinaires. L'étude Cerema, AERM, 2024 sur les mêmes bassins routiers montre que la communauté de macro-invertébrés, notamment de prédateurs, est nettement plus riche et diversifiée sur ces substrats.

Ces bassins routiers constituent donc des écosystèmes aquatiques artificiels avec une richesse en espèces importante, comparable à celle de mares de référence et en particulier comportant un grand nombre de prédateurs macro-invertébrés, s'attaquant notamment aux moustiques.

Le seul cas de relative abondance est dans l'ouvrage de sortie de Metz-MagnyQ100 lors de la campagne de juillet (sur les 8 opérations de prélèvement sur ce type d'ouvrage). La prédation est peut-être plus faible dans ces ouvrages de sortie, ayant comme seul habitat aquatique une surface uniforme en béton. Toutefois, ce type d'ouvrage en béton n'est pas spécifique aux bassins routiers.

En conclusion, pour tous stockages d'eau accessibles aux moustiques, comme les bassins pluviaux routiers, il est préférable de privilégier la création d'écosystèmes aquatiques, en eau toute l'année, avec une profondeur minimale d'au moins quelques dizaines de centimètres, de superficie significative d'au moins plusieurs dizaines de mètres carrés, permettant la création d'habitats variés, notamment d'herbiers d'hélrophytes et d'hydrophytes, au moins en berge. Ces conditions favorisent l'installation d'une biocénose riche d'espèces différentes (macro-invertébrés, poissons) et notamment de prédateurs de moustiques, comme les larves de libellules ou les coléoptères prédateurs.

Abstract

Mosquito communities in 4 road basins and 3 reference ponds in Lorraine (2022)

Keywords : road, stormwater, treatment, road basin, pond, mosquito, biology, biodiversity, macro-invertebrates, method.

Road basins are treatment facilities for road rainwater. They can be designed, in accordance with the guide SETRA-2007, to have a permanent water height of at least 40 cm. These technical structures must be regularly maintained. They are not considered as environmental compensation for destruction of natural habitats.

However, the permanent water level in these structures means that they are likely to be home to flora and fauna associated with aquatic environments. As such, they are considered to be

artificial aquatic environments, akin to ponds. This raises the question of the presence of mosquitoes in these basins, which can be harmful to people living nearby.

The aim of the present work is to assess the size of the communities of mosquito larvae and nymphs in this type of road basin and its outlet structure, and to compare these communities with those of nearby ponds.

Mosquitoes are sampled using a first protocol called 'all macro-invertebrates' and a second specific 'mosquitoes' protocol.

The first protocol is applied to four road basins and three reference ponds. In the 129 primary samples collected from the 7 water bodies in April and July 2022, we found 120,254 individuals and 259 different taxa, divided into 72 families, 123 genera and 149 species. Only 100 mosquitoes, belonging to 5 species, were identified using this protocol.

The second protocol concerns only the 4 road basins and the mosquitoes. Despite 4 sampling campaigns and a major sampling effort, barely 77 additional individuals were identified, of 4 different species.

The vast majority of mosquitoes found in the present study are little larvae, whose chances of becoming adults are low.

Our results show that this type of road basin does not constitute a risk of mosquito proliferation in our study area (Moselle and Meurthe-et-Moselle). Mosquitoes are only present in extremely low densities, in no way comparable to the densities found in other environments in the same geographical area (e.g. water reservoirs or flood expansion zones recently filled with water...).

The main criterion that seems to explain the low abundance of mosquitoes is predation by other macro-invertebrates. These predators are favored by :

- permanent water and sufficient depth, which is the case in the 4 ponds studied,*
- substrates such as helophytes, hydrophytes and root hairs. The Cerema, AERM, 2024 study on the same road basins shows that the macro-invertebrate community, particularly predators, is much richer and more diversified on these substrates.*

These road basins therefore constitute artificial aquatic ecosystems with a high species richness, comparable to that of reference ponds and, in particular, with a large number of macro-invertebrate predators, particularly preying on mosquitoes.

The only case of relative abundance was in the Metz-MagnyQ100 outlet during the July campaign (out of 8 sampling operations on this type of structure). Predation is perhaps lower in these outlet structures, where the only aquatic habitat is a hard surface. However, this type of concrete structure is not specific to road basins.

In conclusion, for all water storage sites accessible to mosquitoes, such as roadside stormwater basins, it is preferable to create aquatic ecosystems, with year-round water, a minimum depth of at least a few tens of centimetres, and a significant surface area of at least several tens of square metres, enabling the creation of a variety of habitats, including helophyte and hydrophytic meadows, at least along the banks. These conditions favor the establishment of a biocenosis rich in different species (macro-invertebrates, fish) and, in particular, mosquito predators such as dragonfly larvae and predatory beetles.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version), modified.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	4
1 CONTEXTE, OBJET ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	9
2 ÉCOLOGIE DES MOUSTIQUES.....	9
2.1 Notions générales.....	9
2.1.1 Introduction.....	9
2.1.2 Larves et nymphes.....	11
2.1.2.1 Les larves :.....	11
2.1.2.2 Les nymphes et les émergences :.....	14
2.1.3 Adultes.....	14
2.2 Écologie des espèces identifiées dans nos relevés.....	14
2.2.1 Anopheles maculipennis.....	14
2.2.2 Culex pipiens.....	16
2.2.3 Culex impudicus.....	16
2.2.4 Autres espèces.....	17
3 PROTOCOLE DE PRÉLÈVEMENT.....	17
4 POLLUTION DES EAUX ET DES SÉDIMENTS DANS LES BASSINS ROUTIERS.....	21
5 PRÉSENTATION DES SECTEURS D'ÉTUDES.....	22
5.1 Critères de choix des secteurs.....	22
5.2 Présentation générale des trois secteurs.....	23
6 PRÉLÈVEMENTS ET DÉTERMINATIONS TAXONOMIQUES.....	27
6.1 Prélèvements et observations de terrain.....	27
6.1.1 Dates de prélèvement et situation climatique.....	27
6.1.2 Conditions d'application du protocole en 2022.....	30
6.1.3 Substrats prélevés en bassins et mares.....	30
6.1.4 Type d'ouvrage de sortie échantillonné.....	34
6.2 Déterminations taxonomiques.....	35
6.3 Liste d'espèces et abondances.....	36
7 EXPLOITATION DES DONNÉES.....	40
7.1 Protocole « tous macro-invertébrés ».....	40
7.1.1 Résultat global et par saison.....	40
7.1.2 Comparaison entre bassins et mares de référence.....	41
7.1.3 Analyse par substrat.....	41
7.1.4 Focus sur la prédation.....	41
7.2 Protocole spécifique moustique sur les bassins routiers.....	42

7.3 Analyse par bassin pour les deux protocoles de prélèvement.....	43
7.3.1 Analyse globale par espèce.....	43
7.3.2 Bassin de Bénaménil-Ouest.....	43
7.3.3 Bassin de Bénaménil-Est.....	43
7.3.4 Bassins de Metz-Magny.....	43
7.4 Interprétation des résultats.....	44
7.4.1 Efficacité du type d'échantillonneur.....	44
7.4.2 Facteurs de présence de moustiques.....	45
8 CONCLUSION.....	50
GLOSSAIRE.....	52
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES.....	53
BIBLIOGRAPHIE.....	55
ANNEXE A – MATÉRIEL POUR LE PROTOCOLE ‘MOUSTIQUES’.....	56
ANNEXE B - FICHES DE TERRAIN ET LISTES TAXONOMIQUES.....	56
ANNEXE C - PRÉDATION PAR LES MACRO-INVERTÉBRÉS.....	57

1 Contexte, objet et objectifs de l'étude

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'importance des communautés de larves et nymphes de moustiques dans les bassins routiers, en incluant leur ouvrage de sortie.

Elle est menée en 2022 conjointement et complémentirement avec celle du Cerema Haut-de-France.

Le Cerema Est étudie quatre bassins routiers, avec quatre campagnes de prélèvements :

- 2 campagnes principales (avril et juillet) sur les bassins routiers mais aussi sur trois mares de référence, en incluant tous les groupes de macro-invertébrés avec une détermination taxonomique si possible à l'espèce, notamment pour les moustiques ;
- 2 campagnes complémentaires (mai et septembre) limitées aux moustiques et aux bassins routiers, sans les mares de référence. Le niveau de détermination est l'espèce.

Le Cerema Haut-de-France étudie un plus grand nombre de bassin (10 sites et 12 bassins), sans mare de référence, avec une fréquence mensuelle d'avril à septembre, en se limitant au seul groupe des moustiques, avec une détermination taxonomique au niveau du genre.

Par ailleurs, la présente étude du Cerema Est s'insère dans une autre étude plus large, visant à étudier tous les macro-invertébrés dans les bassins pluviaux routiers, comparés à des mares de référence. Cette deuxième étude fait l'objet d'un rapport indépendant, référencé : « *Cerema, Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2024 - Approche expérimentale sur les macro-invertébrés comme bio-indicateurs des bassins routiers - Biodiversité dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence en Lorraine* ». Cette étude est citée dans le présent rapport sous l'abréviation : 'Cerema, AERM, 2024'.

2 Écologie des moustiques

2.1 Notions générales

La bibliographie ci-dessous reprend en partie celle figurant dans la publication du Cerema, 2023 (Émilie PRYGIEL). Elle est ciblée sur les larves et les nymphes, étudiées dans le présent rapport. Seules quelques informations sont données sur les adultes.

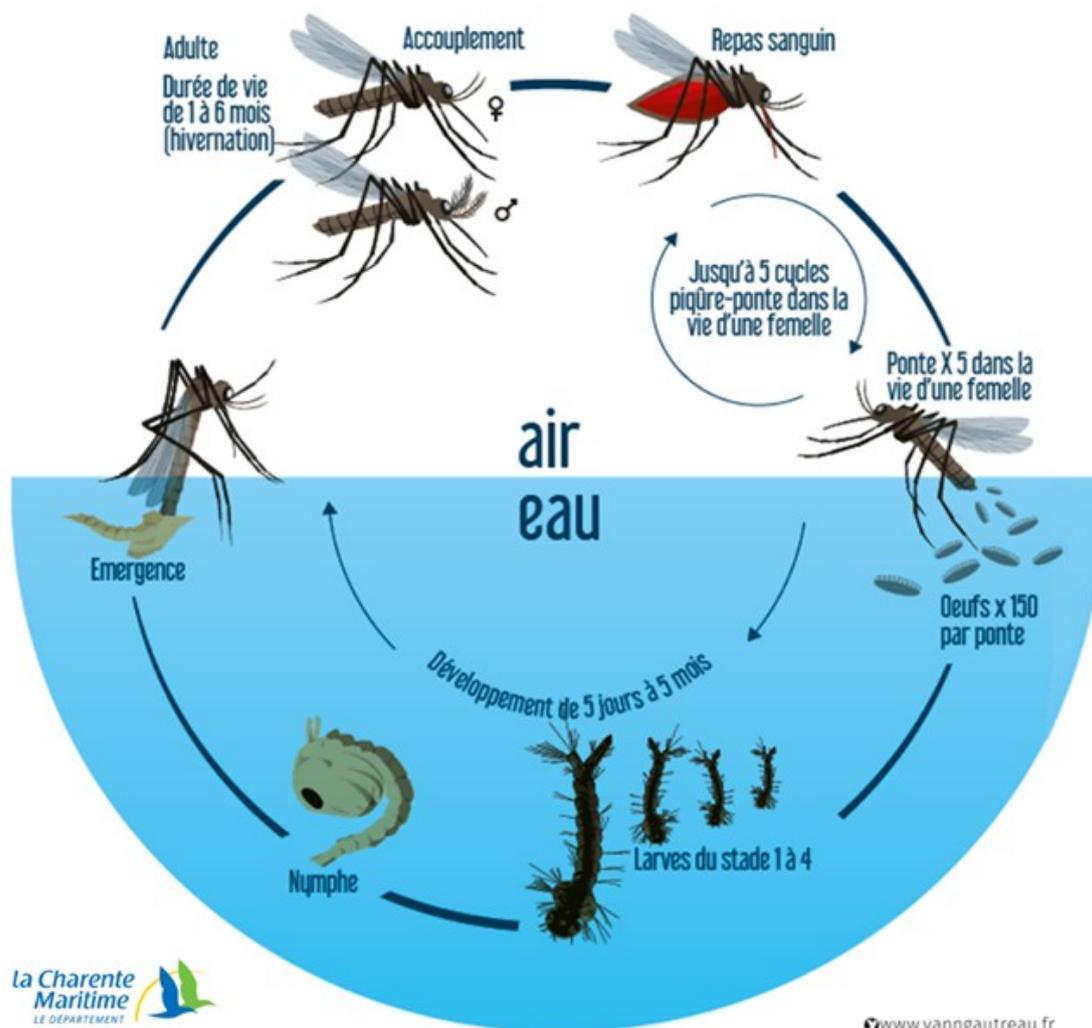
2.1.1 Introduction

En France métropolitaine, on compte une soixantaine d'espèces de moustiques (Zone humide infos 2016), appartenant à la famille d'insectes des Culicidae.

Le cycle de vie des moustiques comporte 4 étapes de développement, dont les trois premières sont aquatiques : l'œuf, la larve (4 stades), et la nymphe. La quatrième étape, adulte, est terrestre (Figure 2-1). La durée de vie aquatique, entre la ponte et l'émergence de l'adulte varie fortement selon les conditions environnementales, de 5 jours à 90 jours,

hors situation de diapause hivernale des œufs, larves ou adultes (eidatlantique.eu, EID Méditerranée 2014).

Figure 2-1 - Cycle de vie du moustique :



Légende : CE : d'après [eidatlantique.eu]

Deux sous-familles et cinq genres principaux sont présents en France métropolitaine, Anophelinae (*Anopheles*) et Culicinae (*Aedes*, *Coquillettidia*, *Culex*, *Culiseta*). Leurs caractéristiques biologiques, sont résumées dans le tableau 1.

L'écologie des espèces trouvées dans cette étude est présentée dans le chapitre 2.2. Des photographies d'*Anopheles* et *Culex*, trouvés dans nos échantillons, y figurent.

Tableau 1 - Principales caractéristiques des genres de Culicidae :

Groupe ou genre	Lieu de vie	Respiration	Mode d'alimentation et type de nourriture
Anophelinae - <i>Anopheles</i>	Masse d'eau et sub-surface de l'eau, capable de plonger rapidement en cas de danger	en surface	Filtreur du film microbien, microphytes et micro-invertébrés de sub-surface
Culicinae – majeure partie des <i>Aedes</i>			Brouteurs du film organique à la surface de substrats immergés
Culicinae – une partie des <i>Aedes</i> , ainsi que <i>Culex</i> , et le sous genre <i>Culiseta</i> .			Filtreurs du micro-plancton de sub-surface
Culicinae - <i>Coquillettidia</i>	Fixé aux plantes immergées, proche des zones anoxiques	dans les tissus des plantes immergées	Filtreurs du micro-plancton, sous l'eau

2.1.2 Larves et nymphes

2.1.2.1 Les larves :

Il existe quatre stades larvaires, de tailles suivantes : les stades I et II, larvules de moins de 4 mm, le stade III, larves de 4 à 8 mm, et le stade IV, larves de 8 à 12 mm (d'après Dahl, 1997).

Becker et col. (2020) indique que les larves de moustiques, selon les différentes espèces, peuvent coloniser tous les milieux aquatiques d'eaux stagnantes, permanents ou temporaires, de grandes superficies ou jusqu'aux plus petites cavités dans les roches ou les trous d'arbres, ensoleillés ou à l'ombre, avec ou sans végétations, fortement pollués ou de bonne qualité, à faible ou forte salinité. Ils se trouvent aussi en bordures de cours d'eau lents, dans les milieux avec des fluctuations de niveaux comme les zones d'expansion des crues ou de la marée en zone côtière. Certaines larves apprécient les milieux sans prédateur, par exemple les récipients produits par les humains (coupelles de vase, cuves diverses, parfois abandonnées dans la nature).

Biologie :

Les larves et les nymphes de Culicidae possèdent un siphon leur permettant de respirer l'air à la surface (Figure 2-2), excepté le genre *Coquillettidia* qui vit immergé et consomme l'air via des plantes aquatiques. Les Anophelinae flottent sous la surface horizontalement, les Culicinae verticalement.

Figure 2-2 - Nymphe (à gauche) et larves de moustiques, en respiration de surface (*Culex*) :



Légende : photo : insectes-net.fr.

Les larves se nourrissent de particules de moins de 50 μm , incluant micro-organismes, algues, protozoaires et invertébrés.

L'abondance des larves est contrôlée par différents facteurs comme les ressources alimentaires, les compétitions entre espèces de moustiques ou d'autres macro-invertébrés, les prédateurs et les maladies.

Quelques espèces aquatiques, comme les cladocères (daphnies, cériodaphnies) ou encore les copépodes, peuvent être en compétition alimentaire avec les larves de moustiques (Mataba et al. 2021).

La prédation est un élément important de contrôle des populations de moustiques, à toutes les étapes de développement (tableau 2 et en annexe, tableau 15). Elle est plus efficace en milieu aquatique, là où les larves sont concentrées sur les lieux de reproduction, qu'en milieu terrestre, où les adultes sont plus dispersés. Les stades larvaires I et II sont consommés par les micro-crustacés de type Copépodes, micro-crustacés planctoniques, abondants dans les eaux stagnantes. Les stades III le sont par les diptères Chaoboridae, les hétéroptères et les planaires, et les stades IV par les coléoptères prédateurs, les urodèles (tritons et salamandres) et les poissons. La prédation varie de 1 larve de moustique par jour par Copépode à 100 larves de moustiques par jour pour un coléoptère Dytiscidae.

Les prédateurs les plus efficaces sont ceux ayant les mêmes caractéristiques de reproduction (fort taux de reproduction, comme les micro-crustacés de type copépodes) ou un besoin alimentaire fort (gros coléoptères, poissons).

Les milieux sans prédateurs, comme les milieux temporaires et/ou avec peu de macro-invertébrés et/ou peu de poissons, sont favorables aux larves de moustique.

Tableau 2 - Exemples de prédateurs des moustiques, aquatiques et terrestres :

Stade du moustique	Type de prédateur	Importance de la prédation par jour
Larve aquatique stade 1	Copépode	1 à 2
Larve aquatique stade 2	Copépode	1 à 2
Larve aquatique stade 3	Vers triclade Larve d'insecte Chaoboridae	5 ou 6 1
Larve aquatique stade 4	Vers triclade Adulte d'insecte Dytiscidae Adulte d'insecte Hétéroptère Triton et Salamandre Poissons	5 ou 6 20 24 à 40 100 300 à 1200
Adulte aérien	Oiseau, chauve-souris, batracien, araignée, libellule, insecte aérien ou vivant à la surface de l'eau	Non indiqué

Légende : d'après Becker et col., 2020 (figure 16.1). Voir aussi le tableau 15 en annexe.

Certains poissons sont des prédateurs efficaces, notamment ceux pouvant prendre une proie en sub-surface, ainsi que les urodèles (tritons et salamandres). Contrairement aux urodèles, les anoures (grenouilles et crapauds) ont peu d'effet en tant que prédateurs sur les moustiques. Le seul anoure connu pour consommer des Culicidae à un taux élevé est le Sonneur à ventre de feu (*Bombina bombina*), d'après Becker et col., 2020.

En conclusion : de nombreux invertébrés sont connus pour être des prédateurs des moustiques, en particulier de leurs larves. Les moustiques peuvent rarement se développer en grand nombre sur les sites de reproduction où les invertébrés prédateurs sont abondants (Becker et col., 2020).

Écologie :

Les espèces sont sensibles aux conditions environnementales. Les pluies, favorisant la création de zones en eau temporaire, donc avec peu de prédateurs aquatiques, peuvent provoquer de fortes proliférations d'espèces de moustiques à croissance rapide. La température a un impact déterminant sur la rapidité de la croissance des larves.

La qualité de l'eau peut avoir une influence, en favorisant les espèces peu sensibles comme le moustique urbain (*Culex pipiens*). Inversement, certaines espèces préfèrent les eaux de bonne qualité (*Anopheles*).

De nombreuses espèces ont une forte tolérance à la salinité : par exemple *Culex pipiens*, qui peut occuper des milieux halophiles avec une salinité atteignant les 20 g.L⁻¹ (EID Méditerranée 2013). Les moustiques sont généralement tolérants à une forte alcalinité, conductivité ou concentration en ions.

2.1.2.2 Les nymphes et les émergences :

Le dernier stade de la vie aquatique est celui de la nymphe. Elle est relativement résistante à la dessiccation. Ce stade dure en général 2 jours, selon la température (Becker et col. 2020). Les nymphes ne se nourrissent pas.

Selon Dahl (C), 1997, certaines espèces sont à émergence printanière (les larves sont présentes de janvier à avril-mai, comme beaucoup d'*Aedes*), alors que d'autres sont à émergence estivale (les larves sont surtout présentes de juin à août, voire à l'automne comme certains *Aedes*, les *Anopheles* et les *Culex*).

2.1.3 Adultes

A l'émergence (stade adulte terrestre), la dispersion est extrêmement variable selon les espèces, de quelques centaines de mètres à environ une trentaine de kilomètres.

Les mâles et femelles adultes se nourrissent par leur trompe de liquides de plantes, nectar, fruits talés, miellat... Mais les femelles de la plupart des espèces ont aussi besoin d'un repas sanguin pour assurer le développement des œufs (Becker et col., 2020). Les hôtes sont les vertébrés : mammifères, notamment humains, oiseaux, batraciens, reptiles (ZH infos 2016). Les femelles injectent à leur proie de la salive contenant des anti-coagulants. La salive entraîne une réaction immunitaire chez l'hôte, aboutissant parfois à une réaction inflammatoire (Becker et col, 2020). Ils peuvent véhiculer d'une cible à l'autre des maladies bactériennes ou virales.

Environ 3500 espèces et sous-espèces sont identifiées à travers le monde (Sérandour 2007). Environ 200 espèces s'attaquent à l'homme (ZH infos 2016).

Les moustiques peuvent passer dans nos régions les conditions hivernales sous forme d'œufs, résistants à la dessiccation ou sous forme d'adultes (hibernation de la femelle dans des endroits abrités du froid).

2.2 Écologie des espèces identifiées dans nos relevés

Les données écologiques proviennent de l'ouvrage de Becker et col., 2020.

Nous détaillons dans ce chapitre des éléments d'écologie des trois principales espèces présentes dans nos relevés.

2.2.1 *Anopheles maculipennis*

Nous avons une 20^{aine} d'individus de cette espèce et presque 70 larvules d'*Anopheles*, appartenant probablement à cette espèce.

Figure 2-3 - larve d'*Anopheles maculipennis* (à gauche) et détail des soies caractéristiques du labre : Bassin routier de Metz-MagnyQ100, juillet 2022 (photographie Pierre MAZUER / Cerema)



L'espèce *Anopheles maculipennis lato sensus* regroupe un complexe d'une douzaine d'espèces proches, identiques morphologiquement dans l'hémisphère nord, dont 9 européennes. Ce complexe a une importance médicale majeure, car 3 espèces de ce complexe sont actuellement vectrices du paludisme (appelé aussi malaria). Aucune de ces 3 espèces n'est présente en Lorraine. Néanmoins, certaines autres espèces européennes de ce complexe ont été vectrices du paludisme dans le passé ou sont à risque si le bétail, principale cible actuelle de cette espèce, devient moins important.

Dans la synthèse ci-dessous, sont surlignées :

- en bleu les espèces potentiellement présentes en Lorraine. Parmi ces dernières, les espèces anciennement vectrices du paludisme sont soulignées ;
- en rouge celles vectrices actuellement du paludisme (non présentes en Lorraine) :

Synthèse sur le complexe *Anopheles maculipennis lato sensus* :

Anopheles atroparvus a une distribution le long des côtes (y compris nordique : Suède, pays baltes, atlantique, méditerranée), aimant les eaux saumâtres et l'eau douce. Dans certains cas, vectrice du paludisme. Non présente en Lorraine.

Anopheles becklemishevi : espèce continentale (plaines de Russie et des pays baltes). Non présente en Lorraine.

Anopheles daciae : couvre toute l'Europe. Dans la haute vallée du Rhin : de mi-mai à mi-septembre, pic début août. Soupçonnée d'être vectrice de la malaria.

Anopheles labranchiae : espèce d'eau saumâtre et d'eau douce, du sud de l'Europe et d'Afrique du Nord (en Corse pour la France). S'attaque particulièrement aux humains. Non présente en Lorraine.

Anopheles maculipennis stricto sensus : dans toute l'Europe, à toute altitude, même jusqu'à 2300 m. Présente dans tous les types de milieux : rivière, milieu stagnant, réservoir ... Supporte les fortes charges organiques. Les femelles attaquent de préférence le bétail, et accessoirement les humains.

Anopheles melanoon : sud et sud-ouest de l'Europe (Corse pour la France). Présente dans les zones calmes au soleil, avec végétation : marais, mares, bordures des cours d'eau et des lacs. Les femelles attaquent de préférence le bétail, et accessoirement les humains. Non présente en Lorraine.

Anopheles messeae : présente dans toute l'Europe, excepté au sud (Espagne, sud de l'Italie ..). Absente des régions côtières et montagneuses. Présente dans les zones fraîches et stagnantes, avec végétation : au bord des rivières et des lacs et dans les marécages, les plaines inondables, les étangs et les fossés. Évite les zones avec trop de pollution organique. Les femelles attaquent de préférence le bétail, et accessoirement les humains. Dans la haute vallée du Rhin, présent de début mai à fin août, 2 pics : début juillet et début août.

Anopheles sacharovi : sud et est de l'Europe (en Corse pour la France). Eaux douces et salées. Non présente en Lorraine

Anopheles subalpinus : sud et est de l'Europe (dont sud de la France). Non présente en Lorraine.

2.2.2 *Culex pipiens*

Ce taxon n'est présent que dans un seul de nos relevés, avec 68 individus.

Culex pipiens (le « moustique urbain ») est une espèce présente partout en Europe, dans tous les types de milieux aquatiques (mare avec végétation, plan d'eau temporaire, berge de cours d'eau et leur zone inondable, cavité en eau dans la roche) mais aussi d'autres types de milieux (trous d'arbres). Cette espèce s'adapte particulièrement bien aux habitats créés par les humains : bassin d'ornement urbain, réservoir, cave inondée, récipient divers comme une boîte de conserve. Cette espèce supporte des petites augmentations de salinité.

Il n'est donc pas surprenant que cette espèce ait été trouvée dans le regard du bassin routier de Metz.

La femelle peut s'attaquer aux arthropodes, oiseaux et humains.

En Europe du Sud, cette espèce est vectrice de virus provenant des oiseaux comme le virus du Nil (West Nile virus ou WNV) et du virus Usutu (Usutu virus ou USUV).

Figure 2-4 - larves de *Culex pipiens* (à gauche) et détail du siphon :

Bassin routier de Metz-MagnyQ100 (ouvrage de sortie), juillet 2022 (photographies Pierre MAZUER / Cerema)

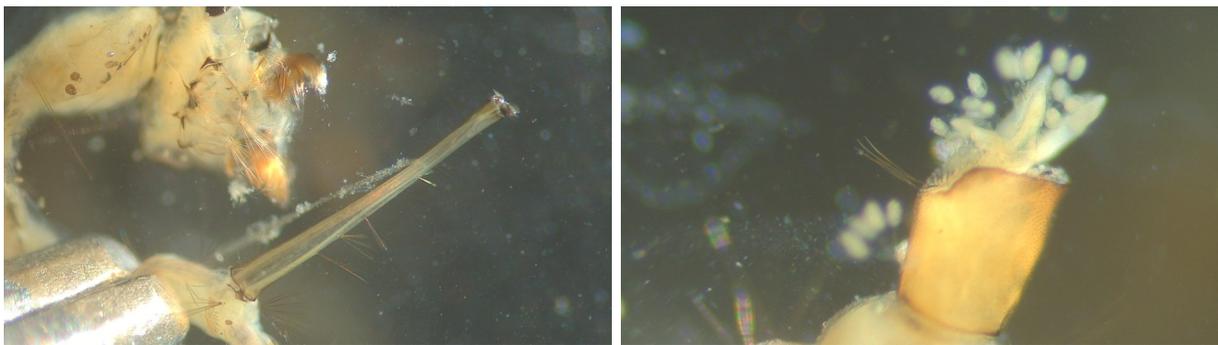


2.2.3 *Culex impudicus*

Seulement 8 individus de cette espèce figurent dans nos relevés.

Figure 2-5 - larve de *Culex impudicus* (à gauche) et détail des papilles anales :

Mare de Marainviller, juillet 2022 (photographies Pierre MAZUER / Cerema)



Elle est présente principalement en région méditerranéenne. Elle se trouve dans les eaux douces, avec beaucoup de végétation aquatique, dans les zones ombragées. Elle se trouve aussi dans les bassins rocheux, les marais ou les bords de cours d'eau. Les femelles s'attaquent aux amphibiens et ne sont pas connues pour piquer les humains.

Il est possible qu'il y ait confusion de *C. impudicus* avec *C. territans*. Cette deuxième espèce ne s'attaque pas, elle aussi, aux humains.

2.2.4 Autres espèces

Vu les très faibles abondances trouvées, les 3 autres espèces ne sont pas décrites.

Ces espèces sont :

- 1 *Aedes cinereus* et 1 *Aedes geminus* en avril,
- 1 *Culex theileri* en juillet.

3 Protocole de prélèvement

Ce protocole expérimental a évolué au cours des campagnes de prélèvements.

Objectif : évaluer la présence de moustiques dans les bassins routiers et leur ouvrage de sortie.

Paramètre mesuré : Abondance de larves et nymphes de moustiques.

Localisation et critères de choix des secteurs : trois secteurs retenus : deux avec occupation des sols naturelle en milieu rural (Bénaménil-Ouest et Est) et un avec occupation des sols artificialisée en périphérie d'une grande zone urbaine (Metz-Magny). Références pour suivre l'évolution des communautés de moustiques par rapport à la saison : a) trois mares de référence à proximité des bassins et b) une réserve d'eau d'une maison individuelle située à proximité de Metz-Magny.

Dates et durée du suivi : deux campagnes principales de prélèvements : avril et juillet 2022, et deux campagnes complémentaires (limitées aux bassins routiers) : mai et septembre 2022.

Conditions des prélèvements : situation climatique avant le prélèvement : environ 10 jours sans pluie significative.

Matériel de prélèvement :

A) Protocole 'tous macro-invertébrés' (voir ci-dessous) : Surber avec cadre d'échantillonnage 1/20 m² pour les substrats peu profonds et haveneau pour les substrats profonds, avec filet ayant un vide de maille de 0,5 mm.

Note : Surber est un nom propre et ne prend pas de pluriel.

B) Protocole spécifique 'moustiques' (voir ci-dessous) : a) haveneau avec vide de maille de 0,5 mm, utilisé comme préleveur de sub-surface, b) passoire de diamètre 18 cm, profondeur 7 cm et vide de maille 1 mm, c) bocal de diamètre d'ouverture 8,5 cm et de profondeur 10,5 cm, manipulé au bout d'une perche de 2 m (en anglais *deeper*). Le Surber a parfois été utilisé pour certaines surfaces dures (béton ...), mais sans frotter le support.

Protocoles d'échantillonnage :

Deux protocoles, décrits ci-dessous, sont utilisés : un protocole de prélèvement de tous les macro-invertébrés, appelé protocole 'tous macro-invertébrés' et un protocole de prélèvement spécifique des larves et nymphes de moustiques, appelé protocole 'moustiques'.

Les protocoles 'tous macro-invertébrés' et 'moustiques' sont utilisés pour les campagnes principales de prélèvements sur les bassins routiers en avril et juillet.

Le protocole 'tous macro-invertébrés' est utilisé pour les campagnes principales de prélèvements sur les mares de référence en avril et juillet

Le protocole moustiques est utilisé pour les campagnes complémentaires de mai et septembre sur les bassins routiers seulement.

→ **A) Protocole 'tous macro-invertébrés'** (avec matériel Surber et haveneau, selon les méthodes d'échantillonnage de la norme AFNOR NF T90-333) :

L'objectif est de réaliser 12 (ou moins, au minimum 5) échantillons élémentaires en priorité dans les substrats les plus hospitaliers. Les types de substrats sont définis dans la norme AFNOR NF T90-333.

Ce protocole comprend deux parties : 1) la première, dite « de base », consistant à prélever des substrats prioritaires, réputés hospitaliers, puis éventuellement des substrats non prioritaires, réputés peu hospitaliers (phases a à c ci-dessous) et 2) la deuxième, dite « expérimentale », consistant à prélever des substrats supplémentaires (phase d) :

Phase a : prélever 7 substrats prioritaires, surlignés en bleu sur la grille d'échantillonnage. Si ces substrats sont absents, prélever les substrats de remplacement associés surlignés en jaune dans le tableau 3.

Phase b : compléter à 12 échantillons élémentaires dans ces substrats prioritaires, en les doublant dans l'ordre décroissant de leur % de recouvrement.

Phase c : s'il y a moins de 12 échantillons élémentaires déjà prélevés et que tous les substrats prioritaires ont été doublés, ou alors s'il n'y a aucun substrat prioritaire, prélever les substrats NON prioritaires (maximum 5 cas), surlignés en marron sur la grille de prélèvement, une seule fois. Si ces substrats sont absents, prélever les substrats de remplacement associés surlignés en jaune.

Phase d : prélever des échantillons supplémentaires éventuels (pour une approche expérimentale) suivants : pleustophytes (s'ils sont présents) et « chasses » (substrats à

définir sur le terrain, s'il semble que des substrats importants n'ont pas encore été prélevés).

Tableau 3 - Protocole d'échantillonnage 'tous macro-invertébrés' : liste des substrats prioritaires et non prioritaires :

N°	Nature du substrat	Substrat de remplacement
Substrats prioritaires (n° 11 à 4 de la norme)	Bryophytes (11)	–
	Hydrophytes, y compris algues Characées (10) *	–
	Litières (9)	–
	Chevelus racinaires libres dans l'eau (8a)	Branchages, racines ligneuses (8b)
	Éléments minéraux de 25 à 250 mm - pierres (7)	Sédiments de 2 à 25 mm (graviers) (5)
	Blocs facilement déplaçables (>250 mm) (6)	–
	Hélophytes (4)	–
Substrats NON prioritaires (n° 3 à 0 de la norme)	Vases (3)	–
	Sables (2a)	Limons (2b)
	Algues hors Characées (1a) *	Bactéries et champignons filamenteux (1b)
	Surfaces uniformes dures naturelles ou artificielles (0)	–

*Légende : surligné en bleu : substrat prioritaire ; en marron : substrat NON prioritaire, en jaune ; substrat de remplacement. Les n° des substrats entre parenthèses sont ceux de la norme NF T90-333. * les algues Characées sont incluses dans le substrat algues (1a) dans la norme NT T90-333. Elles sont incluses ici dans le substrat hydrophytes, pour des raisons de difficulté de détermination en raison du colmatage sur le terrain (les Characées ressemblent à certains hydrophytes).*

Figure 3-1 - Prélèvements de macro-invertébrés dans le bassin routier de Metz-Magny Q100 (avril 2022).

A gauche : Prélèvement à l'aide d'un filet Surber. A droite : Prélèvement à l'aide d'un filet haveneau (Photos : Cerema / Émilie Busson) :



→ **B) Protocole 'moustiques'** (si ces échantillons n'ont pas déjà été prélevés lors du protocole 'tous macro-invertébrés') :

Phase a : prélever les trois substrats en bassins suivants : 1) hélophytes, sinon autres végétaux (berge et centre du bassin), 2) surface minérale dure en berge 3) sub-surface de l'eau (berge et centre du bassin), soit au maximum 5 échantillons. Les techniques sont à adapter aux habitats : Surber, haveneau en sub-surface tiré sur une longueur de 1 à 2 mètres linéaires, passoire souvent utilisée dans les recoins difficiles à atteindre avec un autre appareil, ou bocal manié par une perche.

Phase b : prélever un substrat dans l'ouvrage de sortie : surface minérale dure, si possible à l'aval du muret de séparation du regard, théoriquement la partie la plus stable hydrologiquement. Les techniques sont adaptées aux habitats : passoire ou bocal.

Le matériel spécifique à ce protocole est listé en annexe.

Note 1 : ces trois phases correspondent en théorie aux habitats les plus propices pour les moustiques (ces substrats sont individualisés par une ligne dans le tableau de synthèse 12).

Note 2 : exceptionnellement, le protocole moustiques a été testé sur la mare de Marainviller en mai 2022. les résultats sont inclus dans le tableau 12.

Note 3 : la campagne de septembre est limitée aux deux bassins de Metz-Magny, au vu des résultats de 3 campagnes précédentes sur le protocole spécifique moustiques.

Figure 3-2 - Prélèvements de larves de moustiques dans le bassin routier de Metz-Magny Q100 (septembre 2022) :

A gauche : Prélèvement à l'aide d'un bocal muni d'une perche (en anglais *deeper*), par « coup de louche ». A droite : Prélèvement dans le regard de sortie à l'aide d'une passoire (Photos : Cerema / Émilie Busson) :



Note : ce matériel de prélèvement spécifique pour les moustiques a évolué au cours de l'expérience acquise lors de cette étude (voir Tableau 12). Le haveneau a été testé pour tous les prélèvements, même dans les regards de sortie pour bénéficier de la longueur de la perche, pour la campagne d'avril, malgré l'exiguïté des regards et la gêne due à l'échelle d'accès. Vu l'absence surprenante pour la saison de larves de moustique et la difficulté de prélèvement, une recherche à la passoire a été réalisée dans les hélophytes en mai, puis avec le bocal et une passoire en juillet. En septembre, la passoire a été finalement retenue, car beaucoup plus pratique même si le vide de maille est de 1 mm.

Surface d'échantillonnage minimum : variable selon le matériel de prélèvement (voir ci-dessus). Il est conseillé de noter, si cela est possible ;

- la surface d'échantillonnage sur un substrat donné,
- le recouvrement du substrat sur la masse d'eau (en pourcentage).

Par exemple : « Bassin n°1 - surface au miroir estimée de 1 000 m² – hélophytes avec un recouvrement de 10 % - échantillon d'hélophytes d'une superficie de 1/20 m² ».

Tableau 4 - Synthèse des protocoles utilisés :

Plan d'eau / campagne	Avril	Mai	Juillet	septembre
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	'tous macro-invertébrés' + 'moustiques'	'moustiques'	'tous macro-invertébrés' + 'moustiques'	–
Mare de Marainviller	'tous macro-invertébrés'	('moustiques')	'tous macro-invertébrés'	–
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	'tous macro-invertébrés' + 'moustiques'	'moustiques'	'tous macro-invertébrés' + 'moustiques'	–
Mare de Manonviller	'tous macro-invertébrés'	–	'tous macro-invertébrés'	–
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	'tous macro-invertébrés' + 'moustiques'	'moustiques'	'tous macro-invertébrés' + 'moustiques'	'moustiques'
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	'tous macro-invertébrés' + 'moustiques'	'moustiques'	'tous macro-invertébrés' + 'moustiques'	'moustiques'
Mare de Corny	'tous macro-invertébrés'	–	'tous macro-invertébrés'	–

Légende : l'échantillonnage à Marainviller en mai est informatif.

4 Pollution des eaux et des sédiments dans les bassins routiers

Les eaux ruisselant sur les chaussées routières, par exemple lors des pluies ou fontes de neige, sont chargées des polluants issus :

- des véhicules (carrosseries, huiles, pneumatiques ...) et de leur circulation (carburants ...),
- des infrastructures (revêtement de la voirie, glissières de sécurité ...) et de leur entretien (sels de déneigement ...).

Ces polluants, pour les routes à grande circulation, sont traités par les bassins routiers, jusqu'à un niveau de pluie choisi. Ce niveau correspond à la pluie d'orage de fréquence de retour, par exemple, 2 ans, 10 ans ou plus. Au-delà de ce niveau de pluie, le traitement est dégradé et un ouvrage (bipasse) en amont du bassin peut détourner les eaux de

ruissellement vers l'aval en court-circuitant le bassin. Une plus grande partie des polluants va dans le milieu naturel.

La nature et l'importance de cette pollution dépendent de facteurs variés, par exemple le nombre de véhicules par jour, la surface drainée par le bassin routier ...

Un rapport publié par le Cerema en 2021 actualise les connaissances sur les polluants à l'entrée de 3 bassins de traitement, ainsi qu'en sortie de traitement d'un bassin simple. Un tel travail n'avait pas été fait depuis de nombreuses années.

Le détail de l'analyse de ce rapport de 2021 figure dans le rapport Cerema, AERM, 2024.

Cette étude, apportant les données les plus récentes sur la pollution routière, montre que de nombreux polluants, notamment toxiques, sous forme dissoute ou liés aux particules, sont présents dans les eaux pluviales routières. La fraction particulaire de cette pollution sédimente dans les bassins routiers de traitement.

Note : une partie de la fraction dissoute vient s'adsorber sur les particules dans les bassins de traitement (com.per. A. SERVIER).

Les concentrations dans les bassins dépassent les NQE pour de nombreux paramètres de toxicité. Les NQE sont les Normes de Qualité Environnementale, c'est-à-dire les seuils entre le bon et le mauvais état chimique, fixés par la réglementation européenne.

A ces conclusions, nous pouvons ajouter celles du rapport Cerema, AERM, 2024 sur l'ensemble des macro-invertébrés, concernant les mêmes bassins routiers que ceux de la présente étude (Bénaménil-Ouest et Est, Metz-MagnyQ2 et Q100) :

« Les richesses taxonomiques des bassins routiers étudiés (10 000 à 27 000 véhicules jour) sont comparables à celle des mares de référence. Les communautés de macro-invertébrés des 7 plans d'eau sont marquées par une pollution organique nette mais modérée. Des écarts sont néanmoins visibles : la mare de Corny et le bassin routier de Bénaménil-Est sont plus préservés. Inversement, les deux bassins de Metz-Magny sont plus altérés [ces deux derniers bassins subissant la plus forte pollution routière]. La salinité ne semble pas impacter les communautés des bassins routiers, par rapport à leur mare de référence. Les bassins routiers sont plus marqués par une pollution de type toxique que les mares (excepté le bassin de Bénaménil-Est). ».

Dans le présent rapport, nous allons essayer de voir l'impact, sur les moustiques, de la pollution dans les bassins routiers.

5 Présentation des secteurs d'études

5.1 Critères de choix des secteurs

Une phase importante de cette étude est de choisir des sites adaptés aux questions posées. Ce choix est longuement détaillé dans l'étude Cerema, Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2024.

Pour le choix du type de bassin routier, les conditions suivantes sont retenues :

- 1) bassin avec volume mort et absence d'assec estival.
- 2) axe de circulation avec au moins 10 000 véhicules /jour.

3) absence de pollution autre que la pollution routière (par exemple absence d'industrie pouvant engendrer des dépôts polluants, dans un rayon de 300 mètres).

4) bassin versant uniquement routier (par exemple, pas de raccordement d'un bassin versant agricole amont, pas de ruisseau ou de source se jetant dans le bassin routier).

5.2 Présentation générale des trois secteurs

Ces secteurs sont présentés en détail dans l'étude « Cerema, AERM, 2024 » (géologie, climatologie, caractéristique des mares et des bassins, photographies ...). Afin de ne pas recopier une 20^{aine} de pages, seule une synthèse est reprise ci-dessous.

Quatre bassins sont étudiés, sur 3 secteurs :

Secteur 1 : bassin pluvial routier de la route N4 (2x2 voies) à Bénaménil-Ouest et sa mare de référence de Marainviller ;

Secteur 2 : bassin pluvial routier de la route N4 (2x2 voies) de Bénaménil-Est et sa mare de référence de Manonviller ;

Secteur 3 : bassins pluviaux routiers en série de la route N431 (2x2 voies) de Metz-Magny. Le premier bassin bétonné est dimensionné pour le traitement de la pollution d'une pluie de retour 2 ans (Q2). Son ouvrage de sortie se jette dans un deuxième bassin hydraulique, dimensionné pour la Q100. Il est étanche car creusé dans une épaisse couche d'argile. La mare de référence est située à Corny.

Le tableau 5 permet de résumer les caractéristiques et les principales différences entre les 7 plans d'eau.

En complément à ce tableau, pour tous les bassins routiers, les abords des tronçons sont ouverts (ils ne s'opposent pas à la dispersion des polluants), les enrobés sont non drainants et la pente des tronçons routiers est faible.

Tous les bassins sont assez anciens pour avoir une communauté de macro-invertébrés stabilisée (au moins 6 ans).

Les bassins de Bénaménil-Ouest et Bénaménil-Est sont dans un environnement plutôt naturel (prairie, forêt, villages, élevage bovin) alors que celui de Metz-Magny est dans un environnement de cultures intensives et de zones urbaines.

Les bassins de Bénaménil-Ouest et Metz-Magny sont peu profonds, avec des herbiers d'hélophytes importants (ainsi que leur mare de référence). Le bassin de Bénaménil-Est est au contraire profond, avec peu d'hélophytes.

Aucun déversement polluant lors d'un accident routier n'a été porté à la connaissance de la Direction interdépartementale des routes depuis la création des bassins.

Au cours de l'hiver 2021 – 2022, les bassins ont dû recevoir une quantité de sels comparables, de l'ordre de 1 T de NaCl pour l'ensemble de l'hiver. L'impact éventuel de la salinité pourrait éventuellement se voir sur la campagne d'avril.

Page suivante :

Figure 5-1 - Localisation des trois secteurs d'études, constitués chacun d'un bassin routier et sa mare de référence :

Légende : carré = bassin pluvial routier, cercle = mare de référence, Secteur 1 : rouge pour Bénaménil-Ouest et Marainviller, Secteur 2 : jaune pour Bénaménil-Est et Manonviller et Secteur 3 : orange pour Metz et Corny.

Figure 5-1 - Localisation des trois secteurs d'études, constitués chacun d'un bassin routier et sa mare de référence :

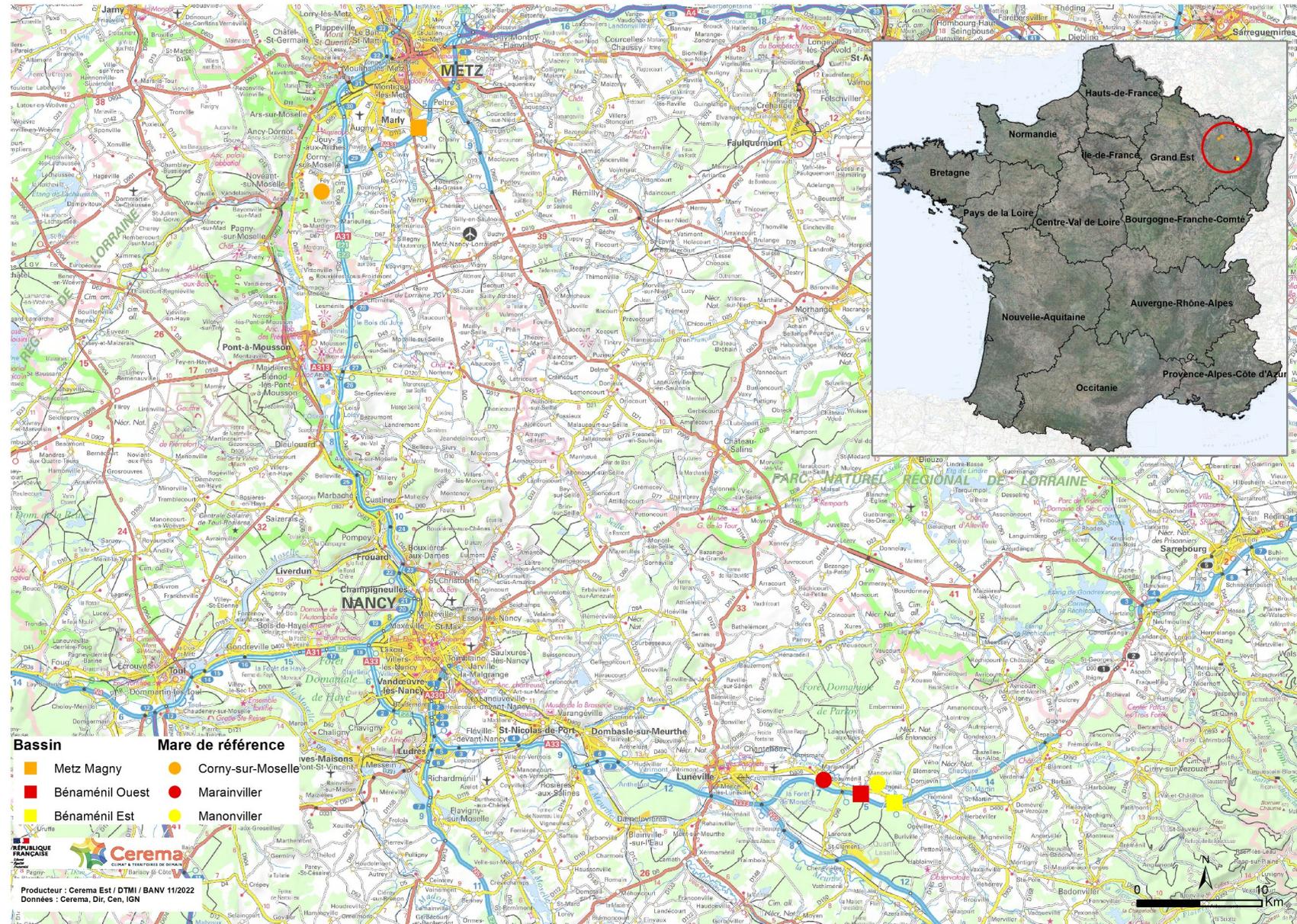


Tableau 5 - Principales caractéristiques des plans d'eau retenus pour l'étude :

Caractéristique	Bassin de Bénaménil-Ouest	Mare de Marainviller	Bassin de Bénaménil-Est	Mare de Manonviller	Bassin de Metz (Magny) Q2	Bassin de Metz (Magny) Q100	Mare de Corny
Mise en service	2006	Inconnu mais ancien	2006	1970 environ, 2015 extension au sud-ouest	Déc 2016	Déc 2004 / déc 2016	2000
Chaussée collectée (ha)	4,6 (surface active)	Sans objet	7,8 (surface active)	Sans objet	4,8 (surface chaussée)		Sans objet
Trafic véh/j (et % de poids lourds)	10 000 (31 %)		10 000 (31 %)		27 000 (14 %)		
Pluie de dimensionnement	Q10		Q10		Q2	Q100	
Superficie au miroir (m ²)	1 600 y compris les atterrissements (1)	'1 080	'4 800	'4 200	800	1 040 y compris les atterrissements (1)	870
Profondeur moyenne (m)	0,4	0,9	1,5 estimé	> 2 ?	0,4	0,4	> 2,5 ?
Fond et berge	Couche de graviers sur argiles	argile	argile	argile	béton	argile	argile
Présence de poissons	Faible	FORTE (probable)	FORTE	FORTE	Faible	Faible	FORTE
Occupation des sols, rayon de 0,3 km	Naturelle 90 % : (60 % prairies, 30 % forêts) Anthropisée : 10 % (5 % bâti, 5 % cultures)	Naturelle : 83 % (70 % prairies, 13 % forêts), Anthropisée : 17 % (12 % bâti, 5 % cultures)	Naturelle : 78 % (40 % prairies, 36 % forêts, 2 % eau) Anthropisée : 22 % (bâti)	Naturelle : 91 % (69 % prairies, 22 % forêts) Anthropisée : 9 % (5 % cultures, 4 % bâti)	Anthropisée : 85 % (72 % culture et 13 % bâti) Naturelle 15 % (9 % prairies, 6 % forêts)		Naturelle : 99 % (59 % forêt, 40 % prairies) Anthropisée : 1 % (cultures)
Occupation des sols, rayon de 5 km	Naturelle : 75 % (49 % de forêts et 26 % de prairies)	Proche Bénaménil-Ouest	Proche Bénaménil-Ouest	Proche Bénaménil-Ouest	Anthropisée : 59 % (33 % cultures, 26 % bâti) Naturelle : 41 %		Naturelle : 63 % (39 % forêts, 21 % prairies, 3 % eau)

	Anthropisée : 25 % (20 % cultures et 4 % bâti)				(21 % forêts, 20 % prairies)	Anthropisée : 37 % (30 % cultures, 7 % bâti)	
Nombre de mares (2) + bassins routiers, rayon 5 km	61 + 4	93 + 6	40 + 5	52 + 8	34 + 6	28 + 2	
Longueur de cours d'eau, rayon 5 km	120	130	130	130	100	91	
Alimentation autre que eaux pluviales	NON	Ruisseau temporaire venant du sud (à sec en juillet)	Drainage de nappe	sources	Source captée par le drainage routier	Bassin amont de Metz -MagnyQ2	Cours d'eau temporaire (octobre à mai)
Principale sources de perturbation, autre que Eaux pluviales	Néant	Apport possible par le ruisseau d'intrants agricoles. Cultures à 30 m au nord et au sud, derrière une ligne d'arbre	Poissons	Rejet du système d'assainissement d'une maison. Poissons	Culture intensive	Culture intensive	Poissons
Distance entre bassin et mare de référence (km)	3,1		2		9,2		

Légende : le rayon pris en compte pour certaines caractéristiques est autour du plan d'eau considéré. Occupation des sols naturelle (=forêt, prairie, eau), et anthropique (=culture, bâti dense et lâche, zone d'activités commerciales, route) ; (1) : Les héliophytes couvrent une grande partie de la superficie du bassin dont une part variable en eau en permanence. Pour Metz-Magny, il n'est estimé que 5 % en eau en permanence ; (2) : données du CEN.

6 Prélèvements et déterminations taxonomiques

6.1 Prélèvements et observations de terrain

6.1.1 Dates de prélèvement et situation climatique

Le calendrier des campagnes de prélèvements a été le suivant :

- 2 campagnes principales du 20 au 22 avril et du 4 au 7 juillet 2022, sur les bassins routiers et leur mare de référence, pour tous les groupes de macro-invertébrés,
- 2 campagnes complémentaires le 10 mai et le 26 septembre 2022, limitées aux moustiques et aux bassins routiers (donc sans les mares de référence).

Note 1 : justification des dates des campagnes : Il a été fait le choix de réaliser les deux campagnes de prélèvements principales pour la recherche de biodiversité :

La première en avril pour avoir les larves d'insectes matures avant les envols printaniers de certaines espèces. C'est une bonne période pour estimer la biodiversité. Elle permet aussi de voir l'impact du sel de traitement des chaussées. Les derniers traitements sont en général réalisés vers le mois de février en Lorraine ;

La deuxième début juillet, pour la récolte des larves d'insectes matures avant les envols estivaux de nombreuses espèces.

Nous n'avons pas fait de campagne de fin d'été (fin août, début sept), pour limiter le volume de travail. Elle aurait permis de voir la biodiversité dans la période la plus critique (eaux chaudes, moins bien oxygénées). Cette saison n'a pas été retenue pour deux raisons principales : risque d'assec des bassins ou des mares, mauvaise connaissance de la biodiversité en raison de la présence de nombreuses larvules à cette saison, non déterminables à l'espèce, ni même au genre.

Tableau 6 - Dates de prélèvement des macro-invertébrés :

Plan d'eau	Campagne d'avril	Campagne complémentaire de mai	Campagne de juillet	Campagne complémentaire de septembre
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	21/04/22	10/05/22	04/07/22	-
Mare de Marainviller		-		
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	22/04/22	10/05/22	05/07/22	-
Mare de Manonviller		-		
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	20/04/22	10/05/22	07/07/22	26/09/22
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431				
Mare de Corny		-	06/07/22	

L'objectif, atteint, est de réaliser les prélèvements à des dates proches à l'intérieur d'un site (bassin routier et mare de référence) et entre les trois secteurs (voir Tableau 6).

La situation climatique peut avoir un impact sur les communautés de moustiques. Elle est analysée selon les critères suivants (tableau 7) :

1) températures les deux mois avant le prélèvement : les valeurs mensuelles sont-elles proches des moyennes interannuelles ou alors exceptionnelles ? :

Pour les campagnes de prélèvement d'avril à juillet, l'écart entre les valeurs mensuelles et les valeurs interannuelles est modeste. Par contre, la campagne 'moustiques' de fin septembre est après un mois d'août nettement plus chaud que la moyenne. Ces conditions sont favorables aux espèces de moustiques préférant les eaux chaudes.

2) conditions pluviométriques avant et pendant le prélèvement :

a) les valeurs mensuelles sont-elles proches des moyennes mensuelles ou alors exceptionnelles ?

Pour les campagnes de prélèvement d'avril à début juillet, la pluviosité reste proche des valeurs interannuelles, avec une réduction en mars et mai, compensée en avril et en juin. Le déficit pluviométrique est particulièrement important en juillet et août, mais la situation se rétablit dès début septembre. La situation n'est donc pas pénalisante pour les moustiques pour les 4 campagnes de prélèvements.

Tableau 7 - Relevés météorologiques à la station de Metz-Frescaty :

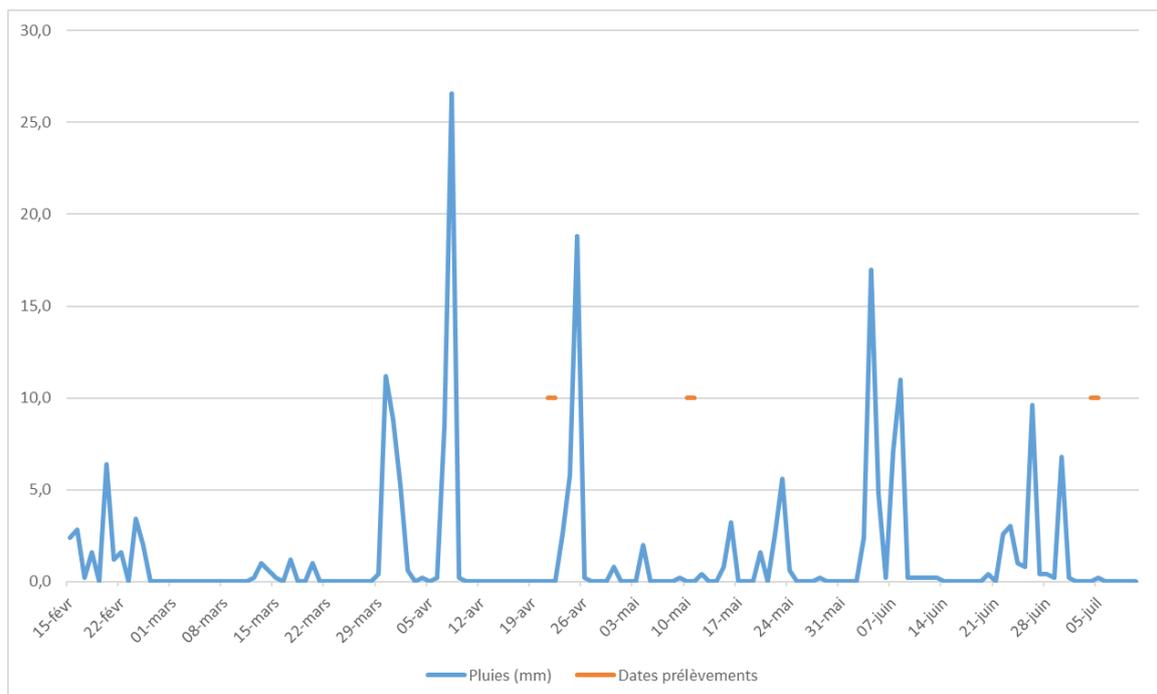
Mois	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc	Année
Température interannuelle moyenne 1991- 2020 (en °C)	2.7	3.6	7	10.5	14.5	17.9	20.1	19.7	15.7	11.3	6.5	3.5	11.1
Température moyenne année 2022 (TMM)	3.0	6.1	7.2	9.8	16.3	19.7	21.8	22.5	15.0	13.9	8.6	4.1	12,3
Précipitation cumulée interannuelle moyenne 1991- 2020 (en mm)	61.9	56	51.1	45.1	56.9	56.1	59.8	59.3	61.5	64.8	64.5	76.5	713,5
Précipitation année 2022 (RR_ME)	57,2	46,1	28,6	63	22,6	57,3	9,9	22,8	68	92,3	67,2	51,2	586,2

Légende : d'après les données de Météo-France. TMM : température moyenne mensuelle des températures moyennes quotidiennes (en °C et 1/10) ; RR_ME : cumul mensuel estimé des hauteurs de précipitation (en mm et 1/10). Les valeurs des moyennes interannuelles les plus humides ou froides sont surlignées en bleu, celles sèches ou chaudes en jaune. Les valeurs de température de 2022 de plus de 2°C au-dessus des valeurs interannuelles sont surlignées en orange. Les valeurs de précipitation de 2022 d'au moins 30 % sous les valeurs interannuelles sont surlignées en orange.

b) la présence d'une forte pluie est-elle pénalisante pour les moustiques, par exemple, en créant une vitesse de l'eau trop forte dans les ouvrages de sortie ? (voir les figures 6-1 et 6-2).

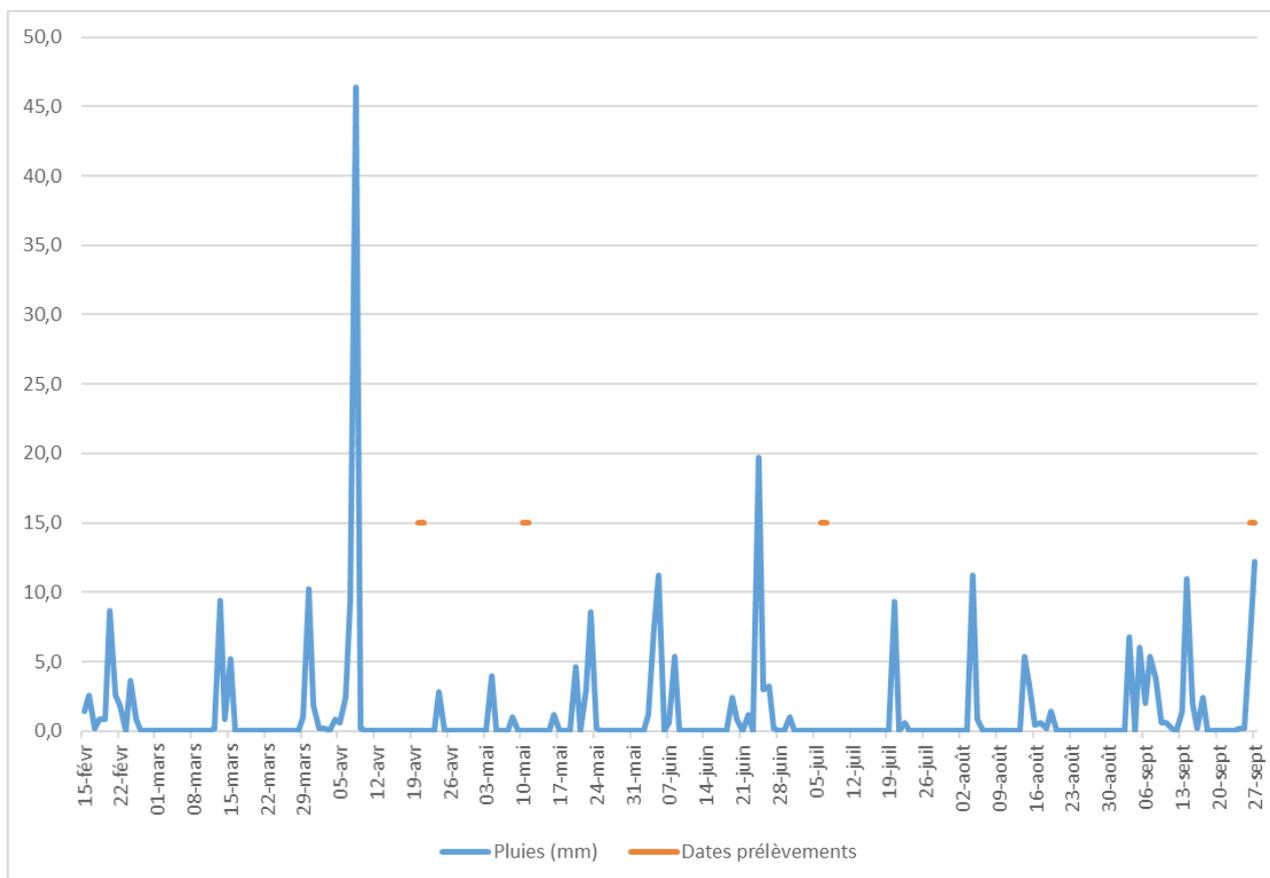
Note : des pluies qui ne sont pas trop importantes sont favorables à l'objet de l'étude : elles entraînent des ruissellements vers les mares et les réalimentent. Elles apportent de la pollution dans les bassins (sels, hydrocarbures ...).

Figure 6-1 - Pluviométrie journalière sur la station de Saint-Maurice-aux-Forges (à 15 km de Bénaménil) lors de la période d'étude, de mi-février à début juillet 2022 :



Légende : principaux pics de pluie : 30 et 31 mars, 8 et 25 avril, 23 mai, 4, 7, 8, et 26 juin.

Figure 6-2 - Pluviométrie journalière sur la station de Metz-Frescaty lors de la période d'étude, de mi-février à fin septembre 2022 :



Légende : principaux pics de pluie : 30 mars, 8 avril, 24 juin, 4 août, 14 et 27 septembre.

Analyse des pluies à la station de St-Maurice-aux-Forges (référence pour les secteurs 1 et 2 de Bénaménil) :

- une pluie significative, proche de 27 mm, le 8 avril, soit 12 jours avant les prélèvements du 20 avril.
- une pluie de 19 mm le 25 avril, soit 16 jours avant les prélèvements du 10 mai.
- des pluies modestes, 9,6 mm le 26 juin et 6,8 mm le 30 juin, soit 4 jours avant le premier prélèvement du 4 juillet.

Analyse des pluies à la station de Metz-Frescaty (référence pour le secteur 3 de Metz) :

- une pluie importante proche de 46 mm, le 8 avril, soit 13 jours avant les prélèvements du 21 avril.
- il n'y a pratiquement pas de pluies avant le prélèvement du 10 mai.
- une pluie de près de 20 mm, le 24 juin, soit 12 jours avant les prélèvements du 6 et 7 juillet.
- une pluie modeste le 14 septembre, soit 12 jours avant les prélèvements du 26 septembre. Notons que la pluie apparaissant le 27 septembre sur la figure 6-2 est arrivée après les prélèvements.

Il est possible qu'immédiatement après les événements pluvieux les plus forts (environ 20 mm et plus), la vitesse du courant soit suffisamment forte dans les ouvrages de sortie pour limiter l'abondance des moustiques. Les prélèvements sont réalisés au moins 12 jours après les principales pluies. Des larvules ou des larves ont le temps de recoloniser des ouvrages avec ce délai, en situation climatique chaude.

6.1.2 Conditions d'application du protocole en 2022

Pour toutes les stations et les campagnes, les conditions d'accès et de prélèvements sont globalement bonnes.

Néanmoins, pour le bassin routier de Metz-Magny Q100, il n'a pas été possible de placer nos échantillons élémentaires dans le tiers aval du bassin routier, donc éloignés de l'arrivée de la pollution, comme souhaité dans le protocole. Les surfaces dures de berge et les sub-surfaces éloignées de la berge ne sont disponibles qu'à proximité de l'ouvrage d'entrée. Par cohérence, les hélophytes ont été réalisées au même endroit.

6.1.3 Substrats prélevés en bassins et mares

Les substrats de la norme AFNOR NF T90-333 prélevés avec le protocole 'tous macro-invertébrés' lors des campagnes d'avril et de juillet sont indiqués dans les tableaux 8 et 9

À ces substrats s'ajoutent les habitats suivants du protocole 'Moustiques', s'ils n'ont pas déjà été prélevés lors de l'étape précédente (voir Tableau 12) :

- 1) hélophytes (proches et éloignées de la berge),
- 2) surfaces minérales dures en berge,
- 3) sub-surfaces de l'eau (proches et éloignées de la berge),
- 4) ouvrages de sortie du bassin.

Ces derniers habitats sont les seuls prélevés lors des campagnes supplémentaires du 10 mai et 26 septembre.

Tableau 8 - Protocole 'tous macro-invertébrés' : substrats présents dans les plans d'eau étudiés en avril 2022 :

Substrats (1)	Bassin de Bénoménil-Ouest		Mare de Marainviller		Bassin de Bénoménil-Est		Mare de Manonviller		Bassin de Metz (Magny) Q2		Bassin de Metz (Magny) Q100		Mare de Corny	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	% (3)	N	%
11_Bryophytes													1	1
10_Hydrophytes (2)			2	53	1	1			2	45			1	1
9_Litières	2	5	2	5			2	2	2	5	2	64	2	10
8a_Chevelus racinaires					2	1	2	1	2	15				
8b_Branchages			2	1				1					2	4
7_Pierres					2	2								
6_Blocs facilement déplaçables														
5_Graviers														
4_Hélophytes	2	70	2	20	2	1	2	5	2	14	2	5	2	5
3_Vases	1	25							1	5				
2a_Sables														
2b_Limons			1	20	1	94	1	90			1	30	1	79
1_Algues (2)									1	15				
0_Surfaces dures			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Nbre substrats prélevés, hors SS	5	100	10	100	9	100	8	100	11	100	6	100	9	100
Nbre substrats différents, hors SS (4)	3	–	6	–	6	–	5	–	7	–	4	–	6	–
Substrat supplémentaire et % recouvrement si connu	1	Graviers sous vases (% inconnu)	1	Tuiles et planches (< 1%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Nbre substrats différents, SS inclus (5)	4		7		6		5		7		4		6	

Légende : Les substrats d'au moins 6 % de recouvrement sont surlignés en bleu. Un pourcentage de moins de 1 % est arbitrairement fixé à 1 %. N : Nbre d'échantillons prélevés (voir le protocole d'échantillonnage). SS : substrat supplémentaire : « chasse » et pleustophytes. % : pourcentage de recouvrement du fond ; (1) Les types de substrats sont définis dans la norme AFNOR NF T90-333. Attention, ils sont le plus souvent mélangés avec un substrat secondaire. (2) les algues Characées sont classées dans les hydrophytes pour notre étude. (3) : pour la partie en eau en permanence ; (4) ces valeurs indiquent la diversité des substrats ; (5) ces valeurs sont à relier aux listes faunistiques, qui ont été exploitées avec les substrats supplémentaires.

Tableau 9 - Idem **juillet** 2022 :

Substrats (1)	Bassin de Bénaménil-Ouest		Mare de Marainviller		Bassin de Bénaménil-Est		Mare de Manonviller		Bassin de Metz (Magny) Q2		Bassin de Metz (Magny) Q100		Mare de Corny	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	% (3)	N	%
11_Bryophytes													1	1
10_Hydrophytes (2)			2	50	2	1			2	65	2	35		
9_Litières	2	5	2	31	2	1	2	2	2	1	2	47		
8a_Chevelus racinaires					2	1	2	1	2	2			2	1
8b_Branchages			2	1				1						1
7_Pierres					2	2	2	5					1	1
6_Blocs facilement déplaçables													1	1
5_Graviers														
4_Hélophytes	2	70	2	15	2	1	2	7	2	26	2	10	2	5
3_Vases	1	24							1	4	1	7		
2a_Sables														
2b_Limons			1	3	1	92	1	83					1	90
1_Algues (2)	1	1				1			1	1				
0_Surfaces dures					1	1	1	1	1	1	1	1		
Nbre substrats prélevés, hors SS	6	100	9	100	12	100	10	100	11	100	8	100	8	100
Nbre substrats différents, hors SS (4)	4	–	6	–	7	–	6	–	7	–	5	–	6	–
Substrat supplémentaire et % recouvrement si connu	1	Graviers sous vases (% inconnu)	2	Tuiles (% inconnu) et Pleustophytes (lentilles d'eau, 80 % en surface)	–	–	–	–	–	–	1	Pierres sous limons-vases (% inconnu)	1	Branchages (< 1 %) + <i>Anodonta</i> dans limons
Nbre substrats différents, SS inclus (5)	5		8		7		6		7		6		7	Hors recherche <i>Anodonta</i>

Légende : idem tableau précédent

Tableau 10 - Synthèse sur les substrats présents dans les plans d'eau étudiés, pour avril et juillet :

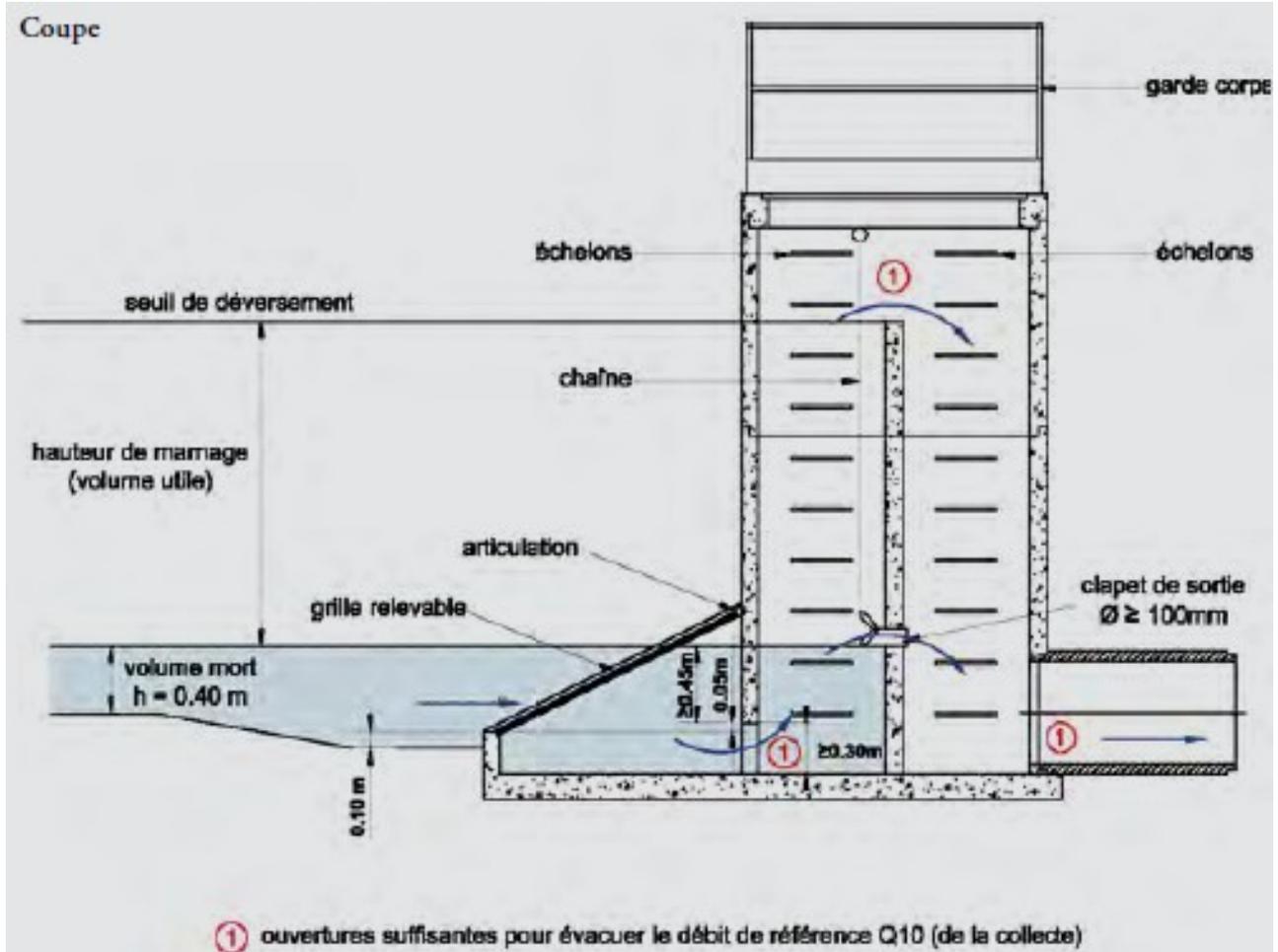
Caractéristique	Bassin de Bénaménil-Ouest	Mare de Marainviller	Bassin de Bénaménil-Est	Mare de Manonviller	Bassin de Metz (Magny) Q2	Bassin de Metz (Magny) Q100	Mare de Corny
Recouvrement d'hélophytes %	70 et 70 (3)	20 et 15	1 et 1	5 et 7	14 et 26	(90 %) dont 5 et 10 % en eau (3)	5 et 5
Recouvrement végétaux (6) %	70 et 71	73 et 65	3 et 4	6 et 8	89 et 92	5 et 45	7 et 7
Recouvrement vases et / ou limons %	25 et 24	20 et 3	94 et 92	90 et 83	5 et 4	30 et 7	79 et 90
Nombre de substrats aquatiques différents, hors SS (4)	3 et 4	6 et 6	6 et 7	5 et 6	7 et 7	4 et 5	6 et 6
Nombre de substrats aquatiques différents, SS inclus (5)	4 et 5	7 et 8	6 et 7	5 et 6	7 et 7	4 et 6	6 et 7

Légende : idem tableau précédent + (6) végétaux : hélophytes, hydrophytes, bryophytes, chevelu racinaire. Lecture du tableau : par exemple : « Recouvrement d'hélophytes % » : « 70 et 70 » signifie 70 % en avril et 70 % en juillet

6.1.4 Type d'ouvrage de sortie échantillonné

Les ouvrages de sortie sont des ouvrages ayant pour objectif, entre autres, d'arrêter les hydrocarbures flottants, grâce à un voile siphonoïde placé en amont du regard.

Figure 6-3 - Schéma de principe d'un ouvrage de sortie d'un bassin routier :



Légende : extrait du Guide technique Pollution d'origine routière, appelé GTPOR (SETRA, 2007)

Les ouvrages échantillonnés dans cette étude sont tous de même type. Ils sont protégés à l'ouverture supérieure par une grille ouverte de type caillebotis (figure 6-4).

Ce type de grille, légère, présente l'avantage de pouvoir s'ouvrir facilement, par rapport à une bouche d'égout en fonte. Par contre, elle laisse passer aisément les moustiques adultes, en entrée pour la ponte et en sortie après l'émergence.

L'intérieur du regard est aussi probablement accessible aux larves aquatiques via les buses immergées venant au bassin.

Une 3ème voie d'accès peut probablement se faire par voie aérienne lorsque les buses d'entrée ou de sortie ne sont pas complètement immergées.

Si l'eau dans le regard constitue un habitat potentiel pour les larves de moustiques, cet habitat peut probablement devenir défavorable en temps de pluie, si le débit est suffisamment fort pour entraîner les larves, ayant une faible capacité de nage.

Figure 6-4 - Caillebotis du regard de sortie de bassin routier de Bénaménil-Ouest, avril 2022 :
(Photographie Pierre MAZUER / Cerema)



Légende : en haut de la photo, le muret central et la sortie avec vanne

Note : Les ouvrages d'entrée ne sont pas pris en compte dans la présente étude. Ils sont souvent à sec. S'ils sont en eau, ils présentent le même potentiel d'habitat aquatique pour les moustiques que les ouvrages de sortie.

6.2 Déterminations taxonomiques

Protocole 'tous macro-invertébrés' : la détermination taxonomique des macro-invertébrés est réalisée au laboratoire selon la norme AFNOR, NF T90-388 – *Analyse d'échantillons contenant des macro-invertébrés de cours d'eau, canaux et plans d'eau*.

Les options choisies sont les plus poussées :

Option E : établissement d'une liste taxonomique par échantillon élémentaire (c'est-à-dire ici par substrat),

Option B : détermination au niveau B (en général le genre), poussée dans le cadre de cette étude à l'espèce ;

Option 2 : estimation des abondances par taxon.

Les échantillons sont récupérés sur un tamis de vide de maille de 0,5 mm et les invertébrés sont comptés ou estimés sur la base de 20 ou 40 individus par fraction triée.

Selon les indications de la norme, des individus sont extraits du substrat et la détermination taxonomique est réalisée. Des échantillons-témoins et des photographies sont conservées pour contrôle ou vérification des déterminations. Les listes faunistiques de tous les macro-invertébrés sont publiées dans l'annexe A du rapport Cerema, AERM, 2024.

Protocole spécifique 'moustiques' : sur le terrain, chaque échantillon élémentaire est versé dans une bassine à fond clair, qui est alors examinée, si besoin avec une loupe serre-tête x2. Les larves ou nymphes de moustiques, se repérant facilement grâce à leur forme, leur type de mouvement et leur taille, sont récupérées à la pipette pasteur en plastique (avec bout coupé pour être plus large) ou une cuillère pliée en L. Les moustiques sont ensuite placés dans un pilulier alcoolisé avec une étiquette indiquant le lieu, la date et le substrat.

Note 1 : en cas de doute, par exemple risque de confusion avec des nymphes de Chironomes, tous les individus sont mis en pilulier et contrôlés au laboratoire.

Note 2 : en cas de forte abondance, une estimation est faite par classe de taille, par exemple, larvules, larves et nymphes. Un pilulier est constitué pour chaque classe avec au moins 10 individus.

Au laboratoire, les larves de moustiques sont déterminées sous la binoculaire au grossissement x160 . Les déterminations à l'espèce sont faites pour les larves au stade IV (à partir de 8 mm), mais aussi, pour certaines espèces au stade III (entre 6 et 8 mm), s'il n'y a pas de confusion possible. Les larves plus petites, non déterminées à l'espèce, sont appelées larvules. Concernant les nymphes, nous n'avons une clé de détermination qu'au niveau du genre.

Cas de l'espèce *Anopheles maculipennis*.

Tous les individus déterminés dans cette étude sont à considérer comme *Anopheles maculipennis lato sensus*, c'est-à-dire au sens large (voir chapitre 2.2.1).

Cas de *Culex impudicus* / *territans* :

Ces deux espèces sont difficiles à différencier à l'état larvaire. Nous avons privilégié la dénomination *C. impudicus* en raison de la taille des branchies anales, très courtes sur des individus. Il est possible qu'il y ait des *C. territans*.

6.3 Liste d'espèces et abondances

La liste des larves et nymphes de moustiques déterminées selon le protocole 'tous macro-invertébrés' et le protocole 'moustique', figurent dans le tableau 12. Le tableau 13 permet de comparer les abondances de moustiques par rapport aux autres taxons, prédateurs potentiels et non prédateurs. Le tableau 11 permet de comprendre le tableau 12.

Globalement, autant en bassin routier que dans les mares de référence, le nombre de larves et nymphes de moustiques est extrêmement faible par rapport au nombre total de macro-invertébrés et par rapport à l'effort d'échantillonnage.

La discussion par protocole est réalisé dans les chapitres suivants.

Tableau 11 - Matériel de prélèvement, caractéristiques et abréviations utilisés dans le tableau 12 :

Matériel de prélèvement	Maille du filet (mm)	Nombre de prélèvements élémentaires pour 1/20 m ²	Abréviation dans le tableau suivant
Surber	0,5	1	–
Haveneau	0,5	Voir légende	–
Bocal	Sans objet	4 à 6	CdL : coup de louche (1)
Passoire	1	2	CdP : coup de passoire

Légende : les traits de haveneau sont entre 2 à 4 m en général, avec une ouverture du cadre de 25 cm. (1) des "coups de louche" rapides sont donnés à l'aide du bocal manipulé par une perche.

Tableau 12 - Espèce, genre et nombre de larves de moustiques déterminés lors des 4 campagnes de prélèvements de 2022 pour les bassins et mares de référence, avec le protocole 'tous macro-invertébrés' et le protocole 'moustiques' :

Plan d'eau	Habitat(a)	20 au 21 Avril	10 mai	4 au 7 juillet	26 septembre
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	Hélophytes	2 An. maculipennis avec 2 Surber	1 An. maculipennis avec 20 CdP	2 Culicidae (lv), 2 An. (lv), 5 Culex (lv) avec 2 Surber + 0 avec 25 CdP et 3 CdL	-
	Autres substrats	0 avec 4 Surber	-	Litières 3 An. (lv) ; 2 An. mac. avec 2 Surber + Vases 1 An. mac. et Algues filamenteuses 1 An. (lv) avec 1 Surber chacun + chasse 0 dans 1 Surber	
	Surface de l'eau	0 avec 2m de haveneau	0 avec 2m de haveneau	0 avec 2m de haveneau et 3 CdL	
	Regard de sortie	0 avec haveneau	0 avec haveneau	0 avec 6 CdL	
Mare de Marainviller	Hélophytes	3 Anopheles sp (lv), 1 Aedes cinereus et 1 Aedes geminus avec 2 Surber	Tous les substrats : 4 An. mac. avec 15 CdP + ruisseau de fuite de la mare. 1 An. mac. avec 4 CdP (+ nbreux adulte piqueurs d'sp indéterminée)	1 Culex (Nymphe), 4 Culex impudicus (lv), 1 An. mac. avec 2 Surber	-
	Surface minérale dure en berge	0 avec 1 Surber		-	
	Autres substrats	0 avec 8 Surber		0 avec 9 Surber	
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	Hélophytes	0 avec 2 Surber	0 avec 18 CdP	1 An. (lv) avec 2 Surber + 0 avec 2 CdL	-
	Surface minérale dure en berge	0 avec 1 Surber	0 avec 1 Surber	0 avec 1 Surber + 0 avec 2 CdL	
	Autres substrats	0 avec 7 Surber	-	Racines 5 An. (lv) avec 2 Surber Hydrophytes : 49 An. (lv) et 1 An. mac. avec 2 Surber	
	Surface de l'eau	0 avec 2 et 2m de haveneau (berge et centre)	0 avec 9 et 2m de haveneau (berge et centre)	0 avec 2 + 2 CdL (berge, centre) + avec 2m de haveneau au centre	
	Regard de sortie	0 avec haveneau	0 avec haveneau	0 avec 4 CdL + 0 avec 1 trait à la passoire	
	Hélophytes	0 avec 2 Surber	-	2 Culicidae (Nymphe), 1 An. mac. (lv), 3 Culex (lv) avec 2 Surber	-

Mare de Manonviller	Surface minérale dure en berge	0 avec 1 Surber		0 avec 1 Surber	
	Autres substrats	0 avec 5 Surber		Racines 1 An (lv) avec 2 Surber + Autres substrats : 0 avec 6 Surber	
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	Hélophytes	1 Anopheles sp (lv) avec 2 Surber	0 avec 8 CdP	1 An (lv), 1 An. mac. et 1 Culex theileri (lv) avec 2 Surber	0 avec 10 CdL
	Surface minérale dure en berge	0 avec 1 Surber	0 avec 1 Surber	0 avec 1 Surber	0 avec 1 Surber
	Autres substrats	0 avec 8 Surber	-	0 avec 8 Surber	-
	Surface de l'eau	0 avec 2 + 2m de haveneau (berge et centre)	0 avec 1,5 + 2m de haveneau (berge et centre)	0 avec 2 + 2m de haveneau (berge et centre)	0 avec 1,5 + 2m de h (berge et centre)
	Regard de sortie	0 avec haveneau	0 avec haveneau	0 avec 6 CdL + 0 avec 2CdP	0 avec passoire
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	Hélophytes	0 avec 2 Surber	0 avec 8 CdP	1 An. mac. (lv) avec 2 Surber	0 avec 10 CdL
	Surface minérale dure en berge	0 avec 1 Surber	0 avec 1 Surber	0 avec 1 Surber	0 avec 1 Surber
	Autres substrats	0 avec 3 Surber	-	Chasse : 1 An. mac. (lv) avec 1 Surber + 0 avec 7 Surber	-
	Surface de l'eau	0 avec 2 + 2m de haveneau (berge et centre)	0 avec 1,5 + 2m de haveneau (berge et centre)	0 avec 20 CdL (berge et centre)	0 avec 1,5 et 2m de haveneau (berge et centre)
	Regard de sortie	0 avec haveneau	0 avec haveneau	68 Culex pipiens, 4 Culex impudicus, 4 An. maculipennis (dont une partie de lv) avec 6 CdL et 2 CdP	0 avec passoire
Mare de Corny	Hélophytes	0 avec 2 Surber		1 An. mac. (lv) avec 2 Surber	
	Autres substrats	0 avec 7 Surber	-	BFD : 1 An. (lv) avec 1 Surber + autres substrats : 0 avec 8 Surber	-

Légende : _ = pas de prélèvement. Abréviations pour les taxons : An : Anopheles ; An. mac. : Anopheles maculipennis au sens large ; (lv) : larvule ; sp : espèce (vas des larvules) ; Matériel de prélèvement : voir les abréviations dans le tableau 11. Sans surlignage : protocole 'tous macro-invertébrés'. Avec surlignage beige : protocole 'moustiques'.

Tableau 13 - Protocole 'tous-macro-invertébrés' : abondance des moustiques, comparée à celle des taxons non prédateurs et prédateurs :

Taxon	Mare de réf- Marainviller, 21/04/2022	Bassin de Bénaménil- ouest 21/04/2022	Mare de réf- Manonviller, 22/04/2022	Bassin de Bénaménil- est 22/04/2022	Mare de réf- Corny, 20/04/2022	Bassin de Metz (Magny) -Q2 20/04/2022	Bassin de Metz (Magny) _Q100, 20/04/2022	Mare de réf- Marainviller, 04/07/2022	Bassin de Bénaménil- ouest 04/07/2022	Mare de réf- Manonviller, 05/07/2022	Bassin de Bénaménil-est 05/07/2022	Mare de réf- Corny, 06/07/2022	Bassin de Metz (Magny) -Q2 07/07/2022	Bassin de Metz (Magny) _Q100, 07/07/2022	Total
Total Culicidae	5	2	0	0	0	1	0	6	16	7	56	2	3	2	100
dont larvules	3	0	0	0	0	1	0	0	13	5	55	2	2	2	83
dont nymphes	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3
Total NON prédateurs	10 251	3 561	15 754	1 686	1 076	9 436	2 555	13 466	5 734	7 135	5 747	2 146	1 437	4 185	84 169
Total prédateurs (y compris Culicidae)	2 950	2 283	4 691	2 996	1 474	3 121	953	1 781	1 423	4 688	4 179	1 930	2 067	1 549	36 085
Total plan d'eau :	13 201	5 844	20 445	4 682	2 550	12 557	3 508	15 247	7 157	11 823	9 926	4 076	3 504	5 734	120 254
Nombre d'échantillons (substrats supplémentaires inclus)	11	6	8	9	9	11	6	11	7	10	12	9	11	9	129

% abondance de Culicidae / prédateurs	0,23	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,47	1,20	0,23	1,63	0,17	0,25	0,23	
% abondance de Culicidae / tous les taxons	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,22	0,06	0,56	0,05	0,09	0,03	

7 Exploitation des données

7.1 Protocole « tous macro-invertébrés »

7.1.1 Résultat global et par saison

Pour l'ensemble des plans d'eau (bassins routiers et mares de référence) et pour les deux campagnes de prélèvements (avril et juillet), nous obtenons 120 254 individus et 259 taxons différents, répartis dans 72 familles, 123 genres et 149 espèces, pour l'effort de détermination réalisé dans l'étude 'Cerema, AERM, 2024'.

Nos 129 échantillons élémentaires au Surber ou haveneau comportent 100 moustiques sur les 120 254 individus, ce qui ne représente que 0,08 % du total des macro-invertébrés (tableau 14).

Il n'y a que 16 larves et 3 nymphes pour 83 larvules (stades I, II et en partie III, indiqués en 'iv' dans le tableau 12). Les chances sont donc faibles pour les larvules de devenir des larves des stades III et IV, puis des nymphes et enfin des adultes volants, vu le fort contexte de prédation (voir chapitre 7.1.4).

Le seul cas de plus forte abondance relative est dans les hydrophytes du bassin routier de Bénaménil-Est en juillet, avec 49 larvules d'*Anopheles*, pour deux échantillons au Surber de 1/20 m² chacun, sur un total de 9926 individus.

Tableau 14 - Protocole 'tous macro-invertébrés' : abondance dans les bassins routiers et mares, tous substrats confondus, y compris « chasse »_avril et juillet 2022 :

Plan d'eau	Avril		Juillet	
	Tous taxons	Moustiques, larvules, larves (nymphes)	Tous taxons	Moustiques, larvules, larves (nymphes)
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	5844	0 et 2	7157	13 et 3
Mare de Marainviller	13201	3 et 2	15247	0 et 5 (1)
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	4682	0	9929	55 et 1
Mare de Manonviller	20445	0	11823	5 et 0 (2)
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	12557	1 et 0	3504	2 et 1
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	3508	0	5734	2 et 0
Mare de Corny	2550	0	4076	2 et 0
Total	62787	4 et 4 = 8	57467	79 + 10 + (3) = 92

Il n'y a que 8 individus en avril pour les 7 plans d'eau, dont aucune nymphe.

Les larves et nymphes de moustiques sont nettement plus nombreuses en juillet, tout en restant dans une proportion extrêmement faible (0,16 %). Sur 92 moustiques, il y a 79 larvules (85,9 %) et seulement 3 nymphes (3,3 %).

Il est de plus remarquable que pendant les 4 campagnes de prélèvement, nous n'ayons pas été agressés par des moustiques adultes, malgré la durée d'une opération de prélèvements (2 à 3 heures pour le protocole 'tous macro-invertébrés' et environ une demi-heure pour le protocole 'moustiques'), y compris lorsque nous étions dans les ouvrages de sortie et dans les sites urbains. Cela confirme les faibles abondances d'adultes.

Tous ces résultats indiquent clairement qu'il n'y a pas de risque de prolifération de moustiques pour les bassins routiers, sur notre secteur d'étude..

7.1.2 Comparaison entre bassins et mares de référence

En avril, vu l'abondance en moustiques extrêmement faible sur tous les plans d'eau, il est difficile de voir une différence entre bassins routiers et mares.

Ces faibles abondances ne permettent pas d'observer l'effet éventuel de la plus forte salinité dans les bassins routiers, notamment en avril, suite aux traitements des chaussées routières pendant l'hiver. Cette salinité devrait, d'après la bibliographie, être favorable aux moustiques.

En juillet, l'abondance en moustiques (larvules) est légèrement plus élevée, par rapport à leur mare de référence, dans les bassins routiers de Bénaménil-Ouest et Est. L'écart est à peine significatif en raison du taux de reproduction élevé de cette famille d'insectes. Pour les deux bassins de Metz-Magny, il n'y a pas d'écart par rapport à leur mare de référence.

7.1.3 Analyse par substrat

Les larves de moustiques trouvées sont essentiellement dans les héliophytes.

Elles semblent moins fréquentes dans les autres substrats vivants (racines, hydrophytes, algues filamenteuses) mais le nombre d'échantillons élémentaires est faible pour tirer une conclusion. Enfin, elles sont rares ou absentes dans les autres substrats.

Notons, que les héliophytes sont aussi le substrat présentant la meilleure richesse taxonomique pour l'ensemble des groupes biologiques, et notamment comportant le plus de prédateurs des moustiques (voir le rapport Cerema, AERM, 2024).

7.1.4 Focus sur la prédation

Les taxons potentiellement prédateurs sont définis d'après les informations apportées par Becker et col., 2020 (voir en annexe tableau 16). Ainsi, nous avons considéré que les Copépodes sont des prédateurs mais pas les Cladocères ou les Ostracodes. Pourtant, des cas de prédatations par les Ostracodes sont connus.

Pour les diptères Chironomidae, nous n'avons pas fait la détermination des deux sous-familles, Tanypodinae prédateurs et Chironominae non prédateurs. Nous considérons que nous avons 50 % de chaque sous-famille. Cette estimation nous semble acceptable au vu des listes taxonomiques.

Avec le protocole 'tous macro-invertébrés', le nombre de larves de moustiques est extrêmement faible par rapport au nombre de leurs prédateurs (tableau 13). Le pourcentage de l'abondance de Culicidae par rapport à celle des prédateurs varie de 0 à 0,23 % en avril et de 0,17 à 1,63 % en juillet. Il n'y a pas d'écart manifeste entre bassins routiers et mares de référence. Le pourcentage de l'abondance des Culicidae par rapport à celle de l'ensemble des taxons est encore plus faible.

Ces chiffres ne prennent pas en compte les fortes variations de capacités de prédation des différents macro-invertébrés (tableau 15). Vu le faible nombre de moustiques, nous n'avons pas calculé à partir de ce tableau l'intensité de prédation en fonction de la nature des prédateurs (par exemple, la prédation par jour d'un coléoptère *Dytiscus* est 50 fois plus importante que celle d'un crustacé copépode).

En conclusion, il est important de retenir à la lecture du tableau 12 que la densité de larves de moustiques est à relativiser : une très faible partie des larves donne des adultes volants.

Note : une partie des adultes subit une prédation supplémentaire à la surface de l'eau, au moment de l'émergence, notamment par des hétéroptères.

7.2 Protocole spécifique moustique sur les bassins routiers

Les nombreux coups de passoire, de louche ou traits de haveneau en surface ne permettent de récolter, sur les quatre campagnes de prélèvements, que 1 moustique en mai dans un bassin routier et 76 moustiques en juillet dans un ouvrage de sortie (donc aucun en avril et septembre - voir le tableau 12).

Note : un relevé informatif, réalisé en mai sur la mare de Marainviller, apporte 4 *Anopheles maculipennis* avec un effort de collecte important et un *An. maculipennis* supplémentaire dans le ruisseau de fuite de la mare.

Les prélèvements de surface de l'eau au haveneau (en berge et au centre des plans d'eau) et les surfaces minérales dures en berge ne donnent aucune larve. Les moustiques ont été obtenus par coups de louche ou de passoire, mais presque uniquement sur un seul site (voir alinéa ci-dessous).

Dans les ouvrages de sortie des bassins routiers, sur les 8 opérations de prélèvements (4 bassins et 2 campagnes), nous avons des larves de moustiques une seule fois. Nous trouvons 76 moustiques en juillet dans l'ouvrage de sortie de Metz-MagnyQ100, pour un effort d'échantillonnage conséquent sur ce petit habitat en superficie (nombreux coups de louche et de passoire). *Culex pipiens* est représenté par 68 individus. Deux autres espèces sont présentes : 4 *Culex impudicus* et 4 *Anopheles maculipennis*.

7.3 Analyse par bassin pour les deux protocoles de prélèvement

7.3.1 Analyse globale par espèce

L'espèce la plus présente dans tous les plans d'eau et les quatre campagnes de prélèvement est *Anopheles maculipennis*.

Culex impudicus est faiblement représenté par 8 individus sur 2 plans d'eau.

L'ouvrage de sortie de Metz-MagnyQ100 ajoute *Culex pipiens* ('moustique urbain').

Les autres espèces ne sont présentes que dans un ou deux échantillons et/ou en faible abondance : 1 *Aedes cinereus* et 1 *Aedes geminus* en avril, 1 *Culex theileri* en juillet. Notons que la fiabilité des déterminations à l'espèce est moindre avec aussi peu d'individus.

Nous constatons qu'il n'y a pas de moustique tigre (*Aedes albopictus*).

7.3.2 Bassin de Bénaménil-Ouest

L'espèce *Anopheles maculipennis* est présente, avec des densités extrêmement faibles, ainsi que dans sa mare de référence de Marainviller. Des *Culex* apparaissent en juillet (probablement *Culex impudicus* comme dans la mare de référence).

7.3.3 Bassin de Bénaménil-Est

Ce bassin est celui dans le meilleur état chimique, d'après les indicateurs biologiques, et comparable à celui des mares de référence (Cerema, AERM, 2024).

Sur ce bassin et sa mare de référence de Manonviller, des larvules d'*Anopheles* sont trouvées seulement en juillet. La présence de 49 larvules d'*Anopheles* dans les hydrophytes en juillet ne nous semble pas significatif (car il n'y a que des larvules et un seul échantillon élémentaire, d'un substrat peu représenté dans le bassin, avec 45 larvules). La mare de référence contient aussi 3 larvules de *Culex*.

7.3.4 Bassins de Metz-Magny

Ces deux bassins présentent le plus mauvais état chimique, d'après les indicateurs biologiques (Cerema, AERM, 2024).

Dans les deux bassins routiers en série de Metz-Magny et la mare de référence de Corny, la présence d'*Anopheles maculipennis* est extrêmement faible.

La seule présence significative de larves est dans le regard de sortie du 2^e bassin (Q100) en juillet. Une espèce est significativement présente, *Culex pipiens*, accompagnée en faible densité par *Culex impudicus* et *Anopheles maculipennis*. Notons que le regard de sortie du 1^{er} bassin (Q2), lui aussi toujours en eau, ne comporte aucune larve, même en juillet. Nous n'avons pas actuellement l'explication des conditions de pics d'abondance de larves dans les ouvrages de sortie.

7.4 Interprétation des résultats

7.4.1 Efficacité du type d'échantillonneur

Nous avons testé quatre modes d'échantillonnage :

Le Surber ou **haveneau** pour prélèvement de substrat (vide de maille 0,5 mm) : l'appareil est posé sur le substrat et ce dernier ramené rapidement à la main au fond du filet. Les végétaux, notamment les hélophytes échantillonnées avec un Surber, montrent la présence de larves de moustiques. Un échantillon obtenu avec ce matériel implique un important travail de tri des échantillons, estimé à une 1/2 journée. Nous pensons que cette méthode de prélèvement est efficace pour les substrats peu profonds, car il est difficile à une larve de moustique de s'échapper. Les substrats peu profonds, réalisés le plus souvent en berges, représentent la large majorité de nos échantillons.

Pour les 3 autres appareils ci-dessous, le tri des moustiques est rapide et réalisable sur le terrain.

Note : le tri correspond au comptage et à l'extraction des individus de macro-invertébrés, présents dans les échantillons.

Le haveneau en sub-surface (vide de maille 0,5 mm) : nous n'avons pas eu de moustiques, ni le long de la berge, ni en situation plus éloignée de celle-ci.

Le haveneau permet de prélever la surface de l'eau sur de longues distances, du moment qu'il n'y a pas de végétation dans l'eau (ou d'autres gênes). La longueur de la perche est de 2 m pour éviter de trop s'approcher de la placette de prélèvement et provoquer la fuite des larves de moustiques. Il convient d'avoir un point d'accès facile pour se déplacer le long de la berge sur la distance voulue. Le haveneau est placé avant le prélèvement dans l'eau délicatement, sans faire de vague puis il faut attendre 3 minutes que les moustiques remontent en surface. Le cadre du haveneau doit être placé avec l'ouverture légèrement penchée vers le haut et le cadre supérieur légèrement au-dessus de la surface de l'eau, de manière à prélever environ 20 cm sous la surface de l'eau (voir Figure 3-1). Le haveneau est ensuite tiré sur 2 à 3 mètres. Cet appareil est encombrant et long à monter avec les rallonges. Vu l'absence de larves prélevées, nous ne savons pas si cette technique est pertinente.

Le bocal avec perche (en anglais *deeper*) : Nous avons obtenu des larves mais en faible quantité, notamment par rapport à la passoire. Le bocal permet d'accéder à des zones étroites, par exemple entre les hélophytes, grâce à une perche. Le coup de louche doit être rapide, en rasant la partie sub-aquatique (Figure 3-2). Cette méthode permet d'avoir des larves quelle que soit leur taille.

La passoire (vide de maille 1 mm) : c'est la méthode qui nous a permis d'avoir le plus de larves, même si nous sommes conscients que les larves les plus petites (notamment les stades 1 et 2, peuvent passer la maille). La passoire permet d'accéder à des zones étroites, en rasant par exemple une berge ou les parois d'un regard de sortie (Figure 3-2), même derrière l'échelle d'accès. Il serait pertinent d'ajouter un manche allongé à notre passoire (au moins 50 cm), munie actuellement d'un simple manche de 16 cm.

7.4.2 Facteurs de présence de moustiques

Trois éléments semblent importants dans nos résultats :

1- la faible présence de larves, autant dans tous les types de bassins routiers étudiés et leur ouvrage de sortie que dans les mares de référence, quelle que soit la saison, exceptée la densité plus forte dans le regard de sortie du bassin Q100 de Metz-Magny en juillet.

2- la présence significative de larves dans l'ouvrage de sortie de Metz-Magny Q100 et lui seul, à une seule saison, par rapport aux trois autres regards de sortie (Metz-Magny Q2, Bénaménil-Ouest et Bénaménil-Est)

3- la faible présence de larves pour les différents types de bassins routiers étudiés, avec une forte variations de profondeur, de superficie, de colonisation par des hélophytes ...

Différents facteurs explicatifs peuvent être avancés pour expliquer nos résultats :

La méthode d'échantillonnage (choix des habitats et fréquence des échantillonnages) :

Ce facteur n'est pas retenu. Tous les bassins routiers et leur mare de référence possèdent des habitats favorables aux larves de moustiques : herbiers d'hélophytes, surface dure de berge, zone calme ... Les habitats les plus favorables aux moustiques ont été choisis. De plus, l'échantillonnage a couvert la saison favorable aux moustiques, comme le montre le suivi du réservoir d'eau pluviale de Pagny-sur-Moselle, riche en larves de moustiques sur toute la période (voir figure 7-1).

Le matériel de prélèvement :

Ce facteur n'est pas retenu. Différents matériels ont été testés. Il est possible, qu'une mauvaise utilisation du matériel (haveneau de surface, bocal avec perche), due au manque d'expérience, puisse diminuer les densités récoltées. Mais le prélèvement au Surber est exhaustif (au prix d'une durée de traitement importante au laboratoire) et il est difficile à une larve de moustiques de s'échapper, notamment pour les substrats de berges (hélophytes ...). Les échantillons issus de Surber auraient dû contenir de nombreuses larves de moustiques, si ce taxon avait été présent significativement. Ce facteur ne peut pas expliquer nos résultats dans leur globalité, au vu du nombre important de prélèvements élémentaires réalisés.

Les conditions climatiques générales de l'année 2022 :

Ce facteur n'est pas retenu. Tous les plans d'eau et ouvrages de sortie sont restés en eau en permanence, avec une hauteur d'eau au moins égale à 30 cm. La température anormalement élevée et la faible pluviosité de 2022 sont plutôt des facteurs favorables aux larves de moustiques dans les bassins routiers. De plus, la réserve d'eau qui nous a servi de témoin, à Pagny-sur-Moselle, a une abondance importante de larves toute l'année 2022.

La vitesse du courant dans ouvrages de sortie lors d'un événement pluvial :

Ce facteur n'est à considérer que pour les abondances de moustiques dans les ouvrages de sortie. Ce facteur n'est pas retenu mais cela est à confirmer sur d'autres sites. Il n'y a pas eu de forts événements pluvieux moins de 12 jours avant les prélèvements (voir Figure 6-1 et Figure 6-2), pour toutes les campagnes, autant pour le secteur de Bénaménil que celui de Metz. Ce délai est suffisant pour permettre le développement des larves, vu les fortes chaleurs de 2022.

Néanmoins, il est possible qu'immédiatement après un seuil d'intensité d'une pluie, seuil qui dépend de chaque bassin, la vitesse du courant soit suffisamment forte dans les ouvrages de sortie pour limiter l'abondance des moustiques.

Il est difficile d'appréhender les facteurs favorisant les pics d'abondances dans les ouvrages de sortie :

- les pluies ne semblent pas être le facteur limitant : nous observons par exemple qu'il n'y a pas de moustiques dans les deux ouvrages de Metz-Magny le 10 mai alors qu'il n'y a pas eu de pluies un mois avant la campagne de prélèvements.
- à Metz-MagnyQ100, le 7 juillet, après un pic de pluies de 20 mm, il n'y a pas de moustiques dans l'ouvrage de Metz-MagnyQ2, mais un pic dans l'ouvrage de Metz-MagnyQ100, dont le débit de sortie est tamponné par les deux bassins amont. Cet éventuel effet tampon des deux bassins n'apparaît pas le 26 septembre, alors que les pluies de mi-septembre sont modestes : il n'y a aucun moustique, dans les deux ouvrages de sortie concernés, notamment le deuxième.

L'occupation des sols autour des bassins :

Trois points peuvent être évoqués dans cette partie :

a) la présence de milieux aquatiques aux alentours des bassins routiers. La densité de plans d'eau et cours d'eau est importante pour tous les bassins (tableau 5). La faible présence de moustiques ne peut donc pas être expliquée par la limitation du nombre de milieux aquatiques environnants. Mais nous constatons que les bassins routiers de Metz et la mare de Corny, ont à la fois la plus faible densité de milieux aquatiques environnants et la plus faible abondance de moustiques. Ce facteur est donc possible.

b) la présence de zones de cultures intensives et d'utilisation d'insecticides : Seuls les 2 bassins de Metz-Magny sont entourés de cultures. Ce facteur ne peut être retenu, car l'ouvrage de sortie de Metz-MagnyQ100, proche de cultures intensives comporte le plus de moustiques,

c) la proximité d'une grande agglomération : ce facteur est possible. Le regard de sortie le plus riche en *Culex pipiens* (appelé moustique urbain) est l'un des deux proches de Metz. Ce moustique est piqueur d'humains, à l'inverse d'*Anopheles maculipennis* qui apprécie le bétail. L'influence d'une grande agglomération, sur l'abondance de ce moustique, ne peut pas être confirmée dans notre étude vu le faible nombre de bassins étudiés.

Les caractéristiques morphologiques des bassins routiers : avec les faibles abondances trouvés sur tous les bassins, aucune des caractéristiques des bassins (tableau 5), pourtant parfois nettement différentes, ne semblent avoir un impact significatif sur les communautés de moustiques. Nous pensons que les abondances de moustiques sont faibles car tous les bassins étudiés sont capables d'héberger des prédateurs en suffisance, macro-invertébrés (et peut-être poissons).

Les prédateurs sont favorisés par la permanence de l'eau et une profondeur suffisante, ce qui est le cas des 4 bassins étudiés. L'étude Cerema, AERM, 2024 montre que la communauté de macro-invertébrés, notamment de prédateurs, est nettement favorisée par les substrats vivants, au moins en berge, de type hélrophytes, hydrophytes, chevelus racinaires. Même si cela n'a pas été étudié dans cette étude, il doit en être de même pour les poissons.

Note : l'abondance de moustiques est faible, y compris pour le bassin de Bénaménil-Est, bassin profond avec peu d'herbiers en berge. La prédation pourrait ici se faire grâce aux poissons, dont la forte abondance nous a été signalée par le CEI.

La pollution des eaux

Ce facteur n'est pas retenu pour les mares. Ce sont des mares de référence, sélectionnées pour l'occupation des sols favorable aux alentours, ainsi que l'absence de rejet reçu et leur bon état morphologique, qui est confirmé par l'étude Cerema, AERM, 2024.

Ce facteur n'est pas retenu pour les bassins routiers. Il n'y a pas de différence significative pour la présence de larves de moustiques entre les bassins routiers et les mares de référence. Rappelons que les 4 bassins routiers ne reçoivent que les eaux pluviales routières. L'étude Cerema, AERM, 2024 montre néanmoins que les bassins routiers sont davantage soumis à une pollution de type toxique, d'après l'indice biologique SPEAR.

Il est remarquable que seul le regard du 2^{ème} bassin ait une forte densité de larves (juillet). Les eaux dans l'ouvrage de sortie sont les mieux épurées. L'explication serait peut-être que le regard de sortie du 2^{ème} bassin de Metz, ayant des eaux épurées (et sans prédateurs – voir le point suivant), soit de ce fait plus hospitalier pour les larves. Ce résultat serait à confirmer par une éventuelle poursuite de l'étude sur cette question.

La prédation par les autres macro-invertébrés

Ce facteur est celui qui semble le plus probable. L'absence ou la faible présence de larves de moustiques, autant dans les mares que les bassins pluviaux routiers, est probablement liée à la prédation importante par les autres macro-invertébrés (hétéroptères, coléoptères ...). Quelques rares *Anopheles maculipennis* sont trouvés dans leur habitat préférentiel, les grands herbiers d'hélrophytes.

Inversement, sur la même période, dans un milieu sans (ou très peu de) prédation, le réservoir d'eau pluviale d'une habitation à Pagny-sur-Moselle (figure 7-1) comporte une forte densité de larves, des dizaines d'individus prélevés, et jusqu'à un millier d'individus lors du pic estival (début août à mi-septembre).

Note sur les caractéristique du réservoir d'eau : situé à 6 km au sud-ouest de Corny, dans un village en bordure de forêt. Réservoir en plastique d'un volume de 200 L, pour une ouverture circulaire (non fermée) de 64 cm et une profondeur de 85 cm. Ce réservoir est resté toujours plein pendant la période. La communauté de larves de moustiques est suivie de fin avril à mi-septembre. Les espèces sont *Culex hortensis* sur toute la période et *Culiseta longiareolata* en septembre. L'absence constatée de

prédateurs, dû à l'absence d'habitats pouvant les héberger, semble bien être la principale explication de la différence d'abondances entre d'un côté la réserve d'eau et de l'autre, les bassins routiers et leur mare de référence.

Il est important de signaler que cette prédation dans les bassins routiers et mares de référence est efficace pour des milieux en eau en permanence, constituant des écosystèmes de tailles significatives, avec des habitats variés. A l'inverse, elle n'a pas le temps d'être efficace pour des zones d'expansion de crue, comme le montre la figure 7-2, avec une prolifération de larves de moustiques dans les fossés le long des berges de l'Esch, juste après le débordement d'avril 2023.

Figure 7-1 - Exemple de prolifération de moustiques dans la réserve d'eau de Pagny-sur-Moselle servant de référence, à l'été 2022 :

Photographies Pierre MAZUER / Cerema



Légende : à droite : échantillon pris dans cette réserve d'eau, contenant probablement plus d'un millier de moustiques

Figure 7-2 - Exemple de prolifération de moustiques dans les zones inondables (lit majeur et fossés) du ruisseau de l'Esch (forêt de la Reine), lors des fortes pluies d'avril 2023 :

Photographies : Pierre MAZUER / Cerema



Légende : sur la photographie de droite, chaque petit trait à la surface de l'eau est une larve de moustique, avec le thorax renflé vers le bas. La densité est importante.

Ce facteur de prédation, semblant efficace pour l'Est de la France, n'est pas forcément généralisable à d'autres régions, notamment plus chaudes, où la prédation ne suffit peut-être pas à limiter la prolifération de moustiques dans une mare ou un bassin routier.

La prédation par les tritons et salamandres :

Ce facteur n'est pas retenu. Ces amphibiens ne nous ont pas semblé présents sur les bassins routiers. Aucune larve n'a été prélevée au Surber, notamment dans les hélophytes et hydrophytes.

Les autres amphibiens (grenouilles), présents, ne semblent donc pas être eux-mêmes assez denses pour faire disparaître les larves de moustiques, d'autant qu'ils sont des prédateurs modestes des adultes (chapitre 2.1.2).

La prédation par les poissons :

Ce facteur n'est pas retenu dans la présente étude mais cela est à confirmer sur d'autres sites. Trois bassins routiers sur les quatre, ceux de plus faibles dimensions (superficie, profondeur) n'abritent pas ou peu de poissons (d'après les observations des CEI et nos propres observations). Les trois mares de référence en abritent (d'après les propriétaires ou nos observations).

Or, il n'est pas constaté de différence pour les communautés de moustiques entre les bassins et les mares ou entre les bassins entre eux, contenant ou non des poissons.

Il est possible que la prédation par les poissons ait un impact mais elle n'est pas décelable dans la présente étude. Ce point pourrait être confirmé par une autre étude avec relevés des communautés de poissons.

8 Conclusion

L'objectif du présent travail est d'évaluer l'importance des communautés de larves et de nymphes de moustiques dans les bassins routiers construits avec une hauteur d'eau permanente (appelée 'volume mort'), ainsi que dans leur ouvrage de sortie.

Les moustiques sont prélevés avec un premier protocole appelé 'tous macro-invertébrés' et un deuxième protocole spécifique 'moustiques'.

Le premier protocole concerne quatre bassins routiers et trois mares de référence. Dans les 129 échantillons élémentaires récoltés sur les 7 plans d'eau en avril et en juillet 2022, nous trouvons 120 254 individus et 259 taxons différents, répartis dans 72 familles, 123 genres et 149 espèces (voir étude Cerema, AERM, 2024). Seulement 100 moustiques, appartenant à 5 espèces, sont identifiés grâce à ce protocole.

Le deuxième protocole concerne uniquement les bassins routiers et les moustiques. Malgré un effort d'échantillonnage important lors de 4 campagnes de prélèvements, à peine 77 individus supplémentaires sont identifiés, de 4 espèces différentes.

La large majorité des moustiques trouvés dans la présente étude sont des larvules, dont les chances de devenir des adultes sont faibles.

Nos résultats montrent que ce type de bassins routiers ne constituent pas un risque de prolifération de moustiques, dans notre zone d'étude (Moselle et Meurthe-et-Moselle). Les moustiques ne sont présents qu'en densités extrêmement faibles, sans aucune mesure avec les densités présentes dans d'autres milieux sur la même zone géographique, par exemple un réservoir d'eau en plastique suivi pendant l'étude ou un zone d'expansion de crue mise en eau depuis peu de jours.

Le critère principal qui nous semble expliquer la faible abondance de moustiques est la prédation par les autres macro-invertébrés. Ces prédateurs sont favorisés par :

- la permanence de l'eau et une profondeur suffisante, ce qui est le cas des 4 bassins étudiés

- les substrats de type hélophytes, hydrophytes, chevelus racinaires. L'étude Cerema, AERM, 2024 sur les mêmes bassins routiers montre que la communauté de macro-invertébrés, notamment de prédateurs, est nettement plus riche et diversifiée sur ces substrats. Même si cela n'a pas été étudié dans cette étude, les poissons doivent être favorisés par les mêmes conditions.

Ces bassins routiers constituent donc des écosystèmes aquatiques avec une richesse en espèces importante, comparable à celle de mares de référence et en particulier comportant un grand nombre de prédateurs, s'attaquant notamment aux moustiques.

Le seul cas de relative abondance est dans l'ouvrage de sortie de Metz-MagnyQ100 lors de la campagne de juillet (sur les 8 opérations de prélèvement sur ce type d'ouvrage). La prédation est peut-être plus faible dans ces ouvrages bétonnés, ayant comme seul habitat aquatique une surface dure. Ce type d'ouvrage en béton n'est pas spécifique aux bassins routiers.

Nos résultats confirment l'étude réalisé par le Cerema Haut-de-France, citée au chapitre 1 (voir Cerema, 2023, synthèse de 8 pages).

En conclusion, pour tous les stockages d'eau accessibles aux moustiques, comme les bassins pluviaux routiers, il est préférable de privilégier la création d'écosystèmes aquatiques, en eau toute l'année, avec une profondeur minimale d'au moins quelques

dizaines de centimètres, de superficie significative d'au moins plusieurs dizaines de mètres carrés. Ces caractéristiques permettent la création d'habitats variés, notamment d'herbiers d'hélophytes et d'hydrophytes, au moins en berge. Ces conditions favorisent l'installation d'une biocénose riche d'espèces différentes et notamment de prédateurs de moustiques, comme les larves de libellules ou les coléoptères prédateurs.

Notre étude sera poursuivie en 2023 sur les moustiques avec deux objectifs :

- confirmer les résultats de 2022, et de vérifier qu'il n'y a pas eu une situation climatique exceptionnelle en 2022 ;
- voir l'effet éventuel de la proximité d'agglomérations densément peuplées, en choisissant des bassins routiers situés à des distances variables d'agglomérations.

Glossaire

Bassin : désigne dans ce rapport les bassins pluviaux routiers (appelé aussi bassin d'orage ou bassin de ruissellement). Ils peuvent être simples (conçu pour une pluie Q2 ou Q10 par exemple) ou en série (succession de bassins).

CEI : Centre d'exploitation et d'intervention de la DIR.

CEN : Conservatoire des espaces naturels. Associations de protection de la nature, participant à la gestion et la protection de la biodiversité et des espaces naturels de France.

Cerema : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. Établissement public à caractère administratif (EPA) créé le 1er janvier 2014.

DIR : Direction interdépartementale des routes.

Hélophyte (du grec helos, « marais », et phytos, « plante ») : plante se développant dans les substrats gorgés d'eau (vase, limon, tourbe, berge de lacs ou de rivière). La base de la tige est souvent immergée mais la tige et les feuilles sont au-dessus de l'eau.

Q2, Q10 et Q100 : fréquence de pluies, de retour statistique, respectivement 2, 10 et 100 ans.

Taxon : entité de classification des êtres vivants, à un rang quelconque (ordre, famille, genre, espèce, etc) et/ou unité (ou niveau) de détermination correspondante.

Volume mort d'un bassin pluvial routier : volume restant toujours en eau, permettant une bonne sédimentation des matières en suspension chargées de polluants.

Liste des tableaux et des figures

Index des tableaux

Tableau 1 - Principales caractéristiques des genres de Culicidae :.....	11
Tableau 2 - Exemples de prédateurs des moustiques, aquatiques et terrestres :.....	13
Tableau 3 - Protocole d'échantillonnage 'tous macro-invertébrés' : liste des substrats prioritaires et non prioritaires :.....	19
Tableau 4 - Synthèse des protocoles utilisés :.....	21
Tableau 5 - Principales caractéristiques des plans d'eau retenus pour l'étude :.....	25
Tableau 6 - Dates de prélèvement des macro-invertébrés :.....	27
Tableau 7 - Relevés météorologiques à la station de Metz-Frescaty :.....	28
Tableau 8 - Protocole 'tous macro-invertébrés' : substrats présents dans les plans d'eau étudiés en avril 2022 :.....	31
Tableau 9 - Idem_juillet 2022 :.....	32
Tableau 10 - Synthèse sur les substrats présents dans les plans d'eau étudiés, pour avril et juillet :.....	33
Tableau 11 - Matériel de prélèvement, caractéristiques et abréviations utilisés dans le tableau 12 :.....	36
Tableau 12 - Espèce, genre et nombre de larves de moustiques déterminés lors des 4 campagnes de prélèvements de 2022 pour les bassins et mares de référence, avec le protocole 'tous macro-invertébrés' et le protocole 'moustiques' :.....	37
Tableau 13 - Protocole 'tous-macro-invertébrés' : abondance des moustiques, comparée à celle des taxons non prédateurs et prédateurs :.....	39
Tableau 14 - Protocole 'tous macro-invertébrés' : abondance dans les bassins routiers et mares, tous substrats confondus, y compris « chasse »_avril et juillet 2022 :.....	40
Tableau 15 - Exemples de prédateurs macro-invertébrés pour les larves de moustiques :	57
Tableau 16 - Macro-invertébrés considérés comme prédateurs et non prédateurs de moustiques aquatiques dans nos échantillons :.....	58

Index des figures

Figure 2-1 - Cycle de vie du moustique :.....	10
Figure 2-2 - Nymphe (à gauche) et larves de moustiques, en respiration de surface (Culex) :.....	12
Figure 2-3 - larve d'Anopheles maculipennis (à gauche) et détail des soies caractéristiques du labre :.....	15
Figure 2-4 - larves de Culex pipiens (à gauche) et détail du siphon :.....	16
Figure 2-5 - larve de Culex impudicus (à gauche) et détail des papilles anales :.....	17
Figure 3-1 - Prélèvements de macro-invertébrés dans le bassin routier de Metz-Magny Q100 (avril 2022).....	19
Figure 3-2 - Prélèvements de larves de moustiques dans le bassin routier de Metz-Magny Q100 (septembre 2022) :.....	20
Figure 5-1 - Localisation des trois secteurs d'études, constitués chacun d'un bassin routier et sa mare de référence :.....	24
Figure 6-1 - Pluviométrie journalière sur la station de Saint-Maurice-aux-Forges (à 15 km de Bénaménil) lors de la période d'étude, de mi-février à début juillet 2022 :.....	29
Figure 6-2 - Pluviométrie journalière sur la station de Metz-Frescaty lors de la période d'étude, de mi-février à fin septembre 2022 :.....	29
Figure 6-3 - Schéma de principe d'un ouvrage de sortie d'un bassin routier :.....	34
Figure 6-4 - Caillebotis du regard de sortie de bassin routier de Bénaménil-Ouest, avril 2022 :.....	35
Figure 7-1 - Exemple de prolifération de moustiques dans la réserve d'eau de Pagny-sur-Moselle servant de référence, à l'été 2022 :.....	48
Figure 7-2 - Exemple de prolifération de moustiques dans les zones inondables (lit majeur et fossés) du ruisseau de l'Esch (forêt de la Reine), lors des fortes pluies d'avril 2023 :...	49

Bibliographie

AFNOR, NF T 90-333:2016 - Qualité de l'eau - Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes.

BECKER et col., 2020 – Mosquitoes, identification, ecology and control – Ed Stringer, 3ème Ed – 570p.

Cerema, 2021 – Qualification et caractérisation des pollutions chroniques routières – réalisé par Céline GIBELIN – site de Trappes – 90p.

Cerema, 2023 - Suivi des larves de moustiques dans les bassins d'assainissement routier de la DIR, Proposition de protocole et suivi 2022 – réalisé par Émilie PRYGIEL– 33 p.

Cerema, 2023 - Les bassins routiers sont-ils des foyers à moustiques ? Synthèse des suivis 2022 – Nord et Est de la France - réalisé par Émilie PRYGIEL et Pierre MAZUER – 8p.

Cerema, Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2024 - Approche expérimentale sur les macro-invertébrés comme bio-indicateurs des bassins routiers, Biodiversité dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence en Lorraine - réalisé par Pierre MAZUER et Julian PICHENOT – Metz.

Dahl (C), 1997 – Diptera Culicidae, Mosquitoes – in Aquatic Insects of North Europe, volume 2 – p163-186

Direction interrégionale des routes, Service systèmes et réseaux, 2020 – Observatoires des trafics 2019 – 15 p.

Service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA), 2007 – Pollution d'origine routière, conception des ouvrages de traitement des eaux – Guide technique (GTPOR) – 83 p.

Zones humides infos, 2016 – Les moustiques en zone humide, un sujet piquant – Société nationale de protection de la nature - n°92-93 – 32p.

Annexe A – Matériel pour le protocole ‘Moustiques’

Clés d'accès aux bassins fournies par le gestionnaire.

Pantalon de pêche et gants de protection imperméables montants.

Matériel de prélèvement : bocal avec perche, passoire, haveneau.

Seau, cuvette à fond clair, loupe serre-tête, pipette Pasteur raccourcie, cuillère pliée en L.

Pincettes, piluliers, éthanol, étiquettes en papier bristol et crayons, marqueurs indélébiles,

Fiches de prélèvement à renseigner.

Optionnel : lunettes anti-reflet, jumelles, GPS, appareil photographique.

Annexe B - Fiches de terrain et listes taxonomiques

Le modèle des tableaux de présentation des opérations de prélèvements des macro-invertébrés est celui de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, adapté à la présente étude. Les fiches de terrain, volumineuses (28 tableaux de 1 à 3 pages A4), sont disponibles uniquement sous le format de tableaux informatiques. Chaque opération de prélèvement est dans un fichier qui comporte 4 tableaux (onglets) : 1) onglet orange : description de la station ; 2) onglet vert : grille d'échantillonnage ; 3) onglet gris : description des prélèvements élémentaires ; 4) onglet gris : liste taxonomique. Les autres onglets ne sont pas à prendre en compte pour la présente étude.

Ces fichiers sont disponibles sur demande auprès du Cerema.

Tableau ci-dessous de validation interne au Cerema des annexes :

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Pierre MAZUER (Cerema)	Janvier 2024	
Avec la participation de	Émilie BUSSON (prélèvements), Sylvain COLLON (collecte de données, cartes), (Cerema, prélèvement)	–	
Contrôlé par	Luc CHRETIEN (Cerema)		
Validé par	Luc CHRETIEN (Cerema)		

Annexe C - Prédation par les macro-invertébrés

Tableau 15 - Exemples de prédateurs macro-invertébrés pour les larves de moustiques :

Groupe biologique dans l'ordre de la norme AFNOR NF T90-388	Nombre de moustiques par jour par prédateur	Stade de moustique consommé	Type de milieu
4- Héteroptères (Corixidae)	3 (<i>Sigara striata</i>) 45 (<i>Corixa punctata</i>) 47 (<i>Cymatia coleoptrata</i>)	I à II ? I et II	
4- Héteroptères (Gerridae)	15 (<i>Gerris</i>)	?	
4- Héteroptères (Naucoridae)	20 à 40 (<i>Ilyocoris cimicoides</i>)	?	
4- Héteroptères (Nepidae)	10 à 18 (<i>Nepa cinerea</i>)	IV	eau peu profonde
4- Héteroptères (Notonetidae)	25 (<i>Notonecta</i>)	III	eau temporaire ou permanente
4- Héteroptères (Pleidae)	20 (<i>Plea leachi</i>)	?	
5- Coléoptères (Dytiscidae / hydroporinae)	3 (<i>Hygrotus inaequalis</i> et <i>Hyphydrus ovatus</i>) 5 (<i>Guignotus</i>) 10 (<i>Hydroporus palustris</i>)	? ? ? ?	
5- Coléoptères (Dytiscidae / autres)	100 (<i>Dytiscus</i>) 10 (<i>Laccophilus</i>) 20 (<i>Rhantus</i>)	IV ? III à IV	
5- Coléoptères (Hydrophilidae)	14 (<i>Helochares obscurus</i>) 30 (<i>Hydrophilus</i>)	? IV	
6- Mouche Diptère (Chaoboridae)	8 (<i>Mochlonyx</i>) 4 (<i>Chaoborus</i>)	I et II I et II	
6- Mouche Diptère (Cerapopogonidae, Empididae)	Non évalué	?	
7- Libellule et demoiselle Odonate	10 (<i>Coenagrion</i>) 30 (<i>Aeshna</i>)	?	eau permanente
13- Crustacé - Phyllopoде	? (<i>Triops</i>)	?	eau temporaire
14 – Crustacé-autres : Copépoде	2 à 5 (<i>Cyclops</i> et autres)	I et II	
15- Hydracarien	18	?	en condition expérimentale
22- Ver plat (Turbellaria - Tricladida)	5 à 6	III	eau temporaire ou permanente
25- Hydre (Hydrozoa Hydridae)	10 (6 à 21) <i>Hydra</i>	I	eau permanente, en condition expérimentale

Légende : d'après Becker et col., 2020. ' ? ' = non indiqué dans l'ouvrage

Tableau 16 - Macro-invertébrés considérés comme prédateurs et non prédateurs de moustiques aquatiques dans nos échantillons :

Groupe biologique dans l'ordre de la norme AFNOR NF T90-388	Prédateur	Non prédateur
1- Insectes Plecoptera	non	Nemouridae
2-Insectes Trichoptera	Polycentropodidae	Autres familles
3- Insectes Ephemeroptera	non	OUI
4- Insectes Heteroptera ('punaises d'eau')	OUI	non
5- Insectes Coleoptera	Dytiscidae, Hydrophilidae, Noteridae	Chrysomelidae, Dryopidae, Elmidae, Haliplidae, Helophoridae, Hydraenidae, Hydrochidae, Scirtidae
6- Insectes Diptera ('Mouche')	Ceretopogonidae, Chaoboridae, Chironomidae à 50 %, Dixidae, Empididae, Muscidae	Chironomidae à 50 %, Culicidae, Ephydriidae, Psychodidae, Scathophagidae, Sciomyzidae, Stratiomyidae, Tabanidae
7- Insectes Odonata (libellules et demoiselles)	OUI	non
8- Insectes Megaloptera	non	OUI
9- Insectes Planipennes	non	OUI
11- Insectes Lepidoptera (papillons)	non	OUI
12- Crustacea Malacostraca	non	OUI
14 – Crustacea-autres	Copepoda	Cladocera, Ostracoda
15- Hydracarina	OUI	non
16- Bivalvia (mollusques bivalves) et 17 – Gastropoda (Gastéropodes)	non	OUI
19- Achaeta Hirudinea (sangues)	non	OUI
20 Oligochaeta (vers annelides)	non	OUI
22- Turbellaria – Tricladida (Vers plats)	OUI	non
24- Nematelmintha (vers ronds)	non	OUI
25- Hydrozoa (Hydre)	OUI	non



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Siège social : Cité des mobilités - 25 avenue François Mitterrand - CS 92 803 - 69674 Bron

Cedex -

Tél. : +33 (0)4 72 14 30 30 – www.cerema.fr

Cerema-Est Bâtiment C, Île du Saulcy, CS 30855, 57045 Metz Cedex 1 - Tel : +33 (0)3 87 20 43 00